



**João Nuno Sá Fernandes**

**Aplicação da Metodologia TRIZ  
em  
Empresas Industriais**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica

Orientadora: Professora Doutora Helena Víctorovna Guitiss  
Navas, Professora Auxiliar, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutor António Gabriel Marques Duarte dos Santos

Arguentes: Prof. Doutor António Manuel Ramos Pires

Prof.<sup>a</sup> Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera

Vogal: Prof.<sup>a</sup> Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas



**Março 2013**

**Copyright ©2011 de João Nuno Sá Fernandes, FCT/UNL.**

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

# Agradecimentos

À Professora Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas, pela orientação do presente trabalho, por todo o conhecimento que me foi transmitido e pela disponibilidade que demonstrou ao longo destes meses.

Aos meus colegas e amigos.

E um especial agradecimento aos meus pais, que me possibilitaram todo este percurso escolar, pois sem eles nada disto seria possível.



# Resumo

A metodologia TRIZ (Teoria de Resolução Inventiva de Problemas) promove a inovação sistemática e a procura de novas soluções para os problemas existentes. A importância da inovação está bem presente nos dias de hoje nas empresas que queiram ser competitivas, os mercados estão em constante evolução e as empresas têm de acompanhar essa necessidade, sendo um ponto forte de diferenciação o uso da metodologia TRIZ no alcance de novas soluções e com isso ficar em vantagem em relação a outras empresas.

No âmbito deste trabalho foi realizado um estudo explorativo da utilização das ferramentas da metodologia TRIZ em várias atividades industriais. No 1º caso, fez-se um estudo de melhoria tecnológica de um esterilizador industrial, utilizando a metodologia TRIZ. No 2º problema, foi aplicada a metodologia TRIZ na automatização do processo de soldadura numa empresa metalomecânica. No 3º caso, a metodologia TRIZ foi aplicada na implementação da manutenção preditiva de equipamentos mecânicos e na sua mão de obra.

No conjunto das situações analisadas, foram aplicadas várias ferramentas analíticas do método TRIZ, nomeadamente o ARIZ (Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas), as 76 Soluções Padrão, a Matriz de Contradições e a Análise Substância-Campo.

## Termos chave

TRIZ, Resolução de problemas, Inovação Sistemática, ARIZ, Matriz de Contradições, Soluções Padrão de Problemas



# Abstract

The TRIZ (Theory of Inventive Problem Resolution) methodology promotes systematic innovation and search for new solutions to existing problems. The importance of innovation is present today in companies that want to be competitive, markets are constantly evolving and companies have to follow this need, being a strong point of differentiation, using the TRIZ methodology in reaching new solutions and thus be in advantage over other companies.

In this work was made an exploitative study of the use of the tools of TRIZ methodology in various industrial activities. In the 1st case, it was made a study of technological improvement of an industrial sterilizer, using the TRIZ methodology. In the 2nd problem, TRIZ methodology was applied to the automation of the welding process in a metalworking company. In the 3rd case, the TRIZ methodology was applied in the implementation of predictive maintenance of mechanical equipment and in labor work.

In all the cases analyzed were applied various analytical tools of TRIZ method, namely ARIZ (Algorithm of Inventive Problem Resolution), the 76 Standard Solutions, the Matrix of Contradictions and the Substance-Field Analysis.

## Keywords

TRIZ, Problem Resolution, Systematic Innovation, ARIZ, Matrix of Contradictions, Standard Solutions of Problems





# Índice de Matérias

1	Introdução .....	1
1.1	Estrutura da dissertação .....	1
1.2	Objetivos da dissertação .....	1
2	Teoria de Resolução Inventiva de Problemas .....	3
2.1	Introdução à TRIZ .....	3
2.2	Ferramentas principais da TRIZ .....	7
2.2.1	ARIZ .....	7
2.2.2	Análise substância-campo .....	9
2.2.3	76 Soluções Padrão .....	13
2.2.4	Matriz de Contradições .....	27
3	Aplicações da TRIZ .....	37
3.1	Melhoria tecnológica funcional de um esterilizador hospitalar .....	37
3.2	Melhoria do processo de soldadura de uma torre eólica .....	46
3.3	Melhoria da imagem da Manutenção Preditiva .....	52
4	Discussão de Resultados e Conclusão .....	59
5	Bibliografia .....	60
6	Anexo .....	61



# Índice de Figuras

Figura 2.1 – Ciclo de vida de um sistema.....	4
Figura 2.2 – Diagrama simplificado do ARIZ.....	7
Figura 2.3 - Triângulo substância-campo .....	10
Figura 2.4 – Modelo incompleto.....	11
Figura 2.5 – Triângulo substância-campo nocivo.....	12
Figura 2.6 - Triângulo substância-campo insuficiente (ineficiente) .....	12
Figura 3.1 - Esterilizador antes das alterações.....	37
Figura 3.2 - Esterilizador Hospitalar (depois das alterações) .....	40
Figura 3.3 - Carrinho de carga exterior antes das alterações .....	41
Figura 3.4 - Carrinho de carga exterior + esterilizador (antes das alterações).....	41
Figura 3.5 - CT1 do carrinho de carga de material por esterilizar ou esterilizado.....	42
Figura 3.6 - CT2 do carrinho de carga de material por esterilizar ou esterilizado.....	43
Figura 3.7 - Solução de melhoria do carrinho de carga de material .....	45
Figura 3.8 - Carrinho de carga + carrinho intermédio + armário transportador .....	45
Figura 3.9 - Armário transportador.....	46
Figura 3.10 - Aro da porta colocada na torre metálica (excerto de uma torre metálica) .....	47
Figura 3.11 - CT1 da melhoria do processo de soldadura de uma torre eólica.....	49
Figura 3.12 - CT2 da melhoria do processo de soldadura de uma torre eólica.....	49
Figura 3.13 - Solução de melhoria do processo de soldadura de uma torre eólica.....	51
Figura 3.14 - CT1 Manutenção Preditiva: diminuição dos custos de mão de obra .....	53
Figura 3.15 - CT2 Manutenção Preditiva: diminuição dos custos de mão de obra .....	53
Figura 3.16 - Solução para a diminuição dos custos de mão de obra na manutenção preditiva ..	55
Figura 3.17 - CT1 Manutenção Preditiva: diminuição dos custos das ferramentas e instrumentos .....	56
Figura 3.18 – CT2 Manutenção Preditiva: diminuição dos custos das ferramentas e instrumentos .....	57



# Índice de tabelas

Tabela 2.1 – Simbologia usada em triângulos substância-campo.....	11
Tabela 2.2 – Soluções padrão: classe 1.....	14
Tabela 2.3 – Soluções Padrão: classe 2 .....	16
Tabela 2.4 – Soluções padrão: classe 3.....	20
Tabela 2.5 – Soluções padrão: classe 4.....	21
Tabela 2.6 – Soluções padrão: classe 5.....	24
Tabela 2.7 - 39 Parâmetros de engenharia.....	27
Tabela 2.8 – 40 Princípios inventivos.....	31
Tabela 3.1 –Tabela de contradições (representação adaptada e parcial da tabela que se encontra no anexo) .....	39



# Abreviaturas

TRIZ	Teoria de Resolução Inventiva de Problemas
ARIZ	Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas
CT	Contradição Técnica





# 1 Introdução

## 1.1 Estrutura da dissertação

A teoria inventiva de resolução de problemas TRIZ (Teoria de Resolução Inventiva de Problemas) é uma metodologia que auxilia no processo de identificação de problemas e proporciona soluções para os mesmos, sendo conhecida como geradora de soluções. A metodologia TRIZ é especialmente indicada para promover a criatividade e inovação em organizações. [1]

A presente dissertação contém 4 capítulos: Introdução, Teoria de Resolução Inventiva de Problemas, Aplicações da TRIZ, Discussão de Resultados e Conclusão. A parte final inclui ainda os Anexos.

No Capítulo 1, **Introdução**, apresenta-se os objetivos do trabalho desenvolvido e a sua organização.

No Capítulo 2, **Teoria de Resolução Inventiva de Problemas**, fez-se a descrição da base teórica da metodologia TRIZ, e das suas ferramentas utilizadas nesta dissertação, nomeadamente o ARIZ, a Análise Substância-Campo, as 76 Soluções Padrão e a Matriz de Contradições.

No Capítulo 3, **Aplicações da TRIZ**, são resolvidos três casos através da metodologia TRIZ. No primeiro problema é estudado o melhoramento de um esterilizador a vapor, no segundo é feito a análise de um processo de soldadura no fabrico da estrutura da torre das ventoinhas eólicas e um terceiro caso que tem como objetivo tornar a implementação da manutenção preditiva na indústria mais atrativa.

No Capítulo 4, **Discussão de Resultados e Conclusão**, descreve-se uma análise global do trabalho realizado, as vantagens e limitações da metodologia TRIZ e ainda as sugestões para desenvolvimentos futuros.

## 1.2 Objetivos da dissertação

Este trabalho tem como principal objetivo aprofundar conhecimentos relativos à metodologia TRIZ e às suas ferramentas analíticas principais, estudando hipóteses da sua aplicação em empresas industriais tanto no desenvolvimento de produtos como também na melhoria dos processos e métodos. Realizou-se

também a análise crítica das aplicações efetuadas e áreas de aplicação do método, tirando conclusões sobre as vantagens e limitações.

# 2 Teoria de Resolução Inventiva de Problemas

## 2.1 Introdução à TRIZ

A teoria inventiva de resolução de problemas (TRIZ), foi desenvolvida por Genrich S. Altshuller em 1946 para a Marinha Russa. Após a análise de muitas patentes com a ajuda dos seus colaboradores, Altshuller chegou à conclusão que grande parte das patentes, nada mais eram que melhoramentos dos sistemas, apenas algumas continham invenções. [2]

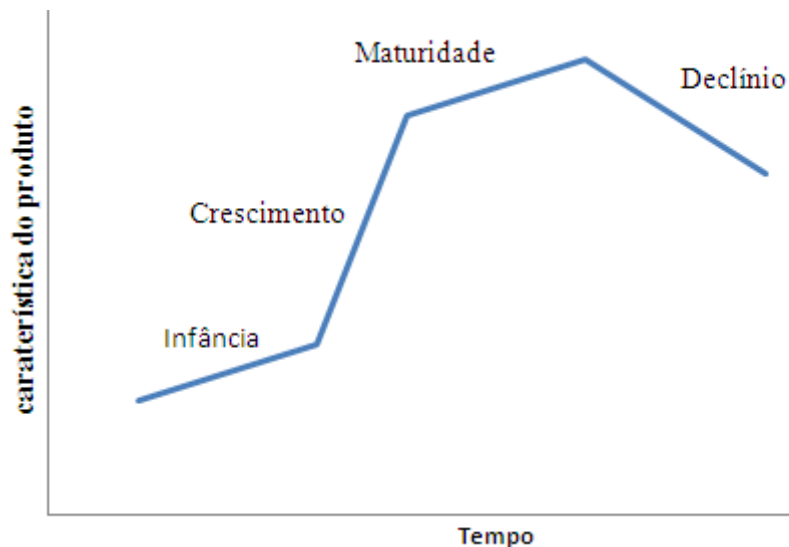
Descobriu ainda que os sistemas evoluem de acordo com certos padrões (padrões evolutivos), e não de uma forma irregular. Estes padrões são utilizados para alcançar novas ideias.

*Sistemas tecnológicos não evoluem "acidentalmente", mas de acordo com certos padrões. Estes padrões podem ser revelados do acumular de informações de patentes a nível mundial, e intencionalmente aplicados com o propósito de avançar com um sistema através de seus estágios evolutivos. - Genrich S. Altshuller [3]*

A metodologia TRIZ tem como a sua base teórica, os padrões de evolução de sistemas tecnológicos, eles podem ser usados para resolver problemas difíceis, prever a evolução tecnológica dos sistemas, criar ou melhorar as ferramentas usadas para resolver problemas inventivos. Na TRIZ clássico existem 8 padrões [3]:

### 1- Estágios da evolução de um sistema tecnológico

Um sistema tecnológico evolui por períodos de infância, crescimento, maturidade e declínio como é demonstrado na Figura 2.1.



**Figura 2.1 – Ciclo de vida de um sistema [3]**

A infância caracteriza-se pelo aparecimento de um novo sistema como resultado de um elevado nível de invenção, sendo o sistema ainda muito pouco trabalhado, com alguns objetivos ainda por cumprir e algumas características indesejáveis ainda por eliminar, no entanto, este sistema introduz uma função nova. Este período é lento, devido à falta de recursos incluindo humanos e financeiros.

O crescimento do sistema tecnológico só começa quando a sociedade reconhece o valor do novo sistema, onde a maioria dos problemas do sistema já foram resolvidos e no geral as suas características melhoradas, abrindo assim um novo mercado. Nesta fase o investimento aumenta por parte das pessoas e organizações no produto ou no processo de desenvolvimento, acelerando o aparecimento de melhorias no sistema, que por sua vez, atrai mais investimentos.

A maturidade inicia-se quando o sistema tecnológico atinge um nível de desenvolvimento elevado no qual podem ser investidos grandes quantidades de dinheiro mas o resultado não será tão satisfatório como seria na fase da infância, as inovações são de baixo nível e as melhorias são observadas principalmente através da optimização do sistema.

Na fase de declínio do sistema tecnológico as inovações do sistema são quase nulas devido aos limites da tecnologia e a sociedade já não lhe dá grande importância.

## **2- Evolução em direção à idealidade aumentada**

Um sistema executa funções que geram efeitos tanto úteis como prejudiciais, o rácio entre estes efeitos é denominado por idealidade. Ao tentarmos melhorar um sistema, estamos a aumentar os efeitos úteis e/ou a diminuir os efeitos prejudiciais, ou seja, estamos a tentar aumentar a idealidade do sistema.

## **3- Desenvolvimento não uniforme dos elementos do sistema**

Para cada componente de um sistema existem diferentes limites e cada um evolui a seu tempo, dependendo da sua solicitação, tendo cada um o seu próprio ciclo de vida. O elemento que atinge primeiro o seu limite impede a evolução do sistema global, ou seja, se eliminarmos este problema estaremos a melhorar o sistema e poderemos continuar a fazê-lo ao encontrarmos outra limitação no sistema, promovendo assim a melhoria contínua.

## **4- Evolução no sentido de maior dinamismo e controlabilidade**

Aumentar o dinamismo de um sistema, aumenta também o número de funções possíveis e a sua flexibilidade, embora exija uma maior controlabilidade.

## **5- Aumento da complexidade seguido de simplificação**

Os sistemas tendem a evoluir aumentando a sua complexidade devido ao aumento de funções do sistema e depois efetua-se a sua simplificação, mantendo ou aumentando a sua performance.

## **6- Correspondência e incompatibilidades entre elementos**

Para melhorar um sistema ou compensar um efeito indesejado, são executadas as correspondências ou incompatibilidades entre os elementos.

## **7- Evolução na direção de níveis micro e aumento da utilização de campos**

Os sistemas tendem a evoluir de macro para micro, e no percurso são utilizados diferentes tipos de campos de energia para conseguir melhores características.

## 8- Evolução em direção à diminuição da intervenção humana

Desenvolvimento de um sistema para executar tarefas entediantes de forma a libertar as pessoas para efetuarem um trabalho intelectual.

Existem dois tipos de problemas, os que contêm soluções conhecidas, das quais se podem encontrar em vários livros, artigos, normas ou instruções, porém existem problemas dos quais as soluções não são conhecidas, são problemas que requerem uma solução inventiva, e são nestes, que se procura aplicar a metodologia TRIZ, tentando resolver uma contradição, ou seja, ajuda-nos quando queremos a melhoria de um atributo mas resulta na deterioração de outro [2].

Para criar e seleccionar ideias de forma a resolver problemas de maneira satisfatória, temos de saber diferenciar entre as ideias fortes e as fracas, para isso é necessário saber que soluções vale a pena tentar resolver. Os métodos tradicionais de resolução de problemas apenas tentam resolver problemas encontrando compromissos aceitáveis, ao contrário da TRIZ que procura superar esses conflitos através da aplicação de soluções criativas. Uma solução sólida resolve uma contradição, faz uso de recursos latentes e incrementa a idealidade do sistema. TRIZ é a teoria que proporciona a base para este modelo de resolução satisfatória de problemas e baseia-se em cinco elementos [4]:

- **Contradição:** solucionar um problema implica eliminar uma contradição, ou seja, as características desejadas deveriam obter-se sem que houvesse prejuízo de uma outra característica.
- **Recursos:** sempre disponíveis embora muitas vezes invisíveis, são materiais, energias, propriedades ou outras coisas situadas no interior ou no exterior do sistema que serve para resolver a contradição.
- **Resultado final ideal:** é alcançado quando se resolve a contradição.
- **Padrões evolutivos:** os sistemas evoluem de acordo com certos padrões, que são utilizados para alcançar novas ideias e prever a evolução do sistema.
- **Princípios de inovação:** indicam soluções mais concretas que os padrões e clarificam o seu significado.

## 2.2 Ferramentas principais da TRIZ

A metodologia TRIZ tem várias ferramentas das quais serão descritas apenas as usadas o ARIZ, a Análise Substância-Campo, as 76 Soluções Padrão e a Matriz de Contradições, por serem as ferramentas com maior divulgação.

### 2.2.1 ARIZ

O algoritmo de resolução dos problemas de invenção (ARIZ) é uma ferramenta analítica importante para encontrar a solução de problemas, dando uma grande importância na reformulação dos problemas com o objetivo de identificar as contradições e de definir o resultado final ideal.

Os passos mais importantes desta ferramenta resumem-se da seguinte forma (como mostra a Figura 2.2):

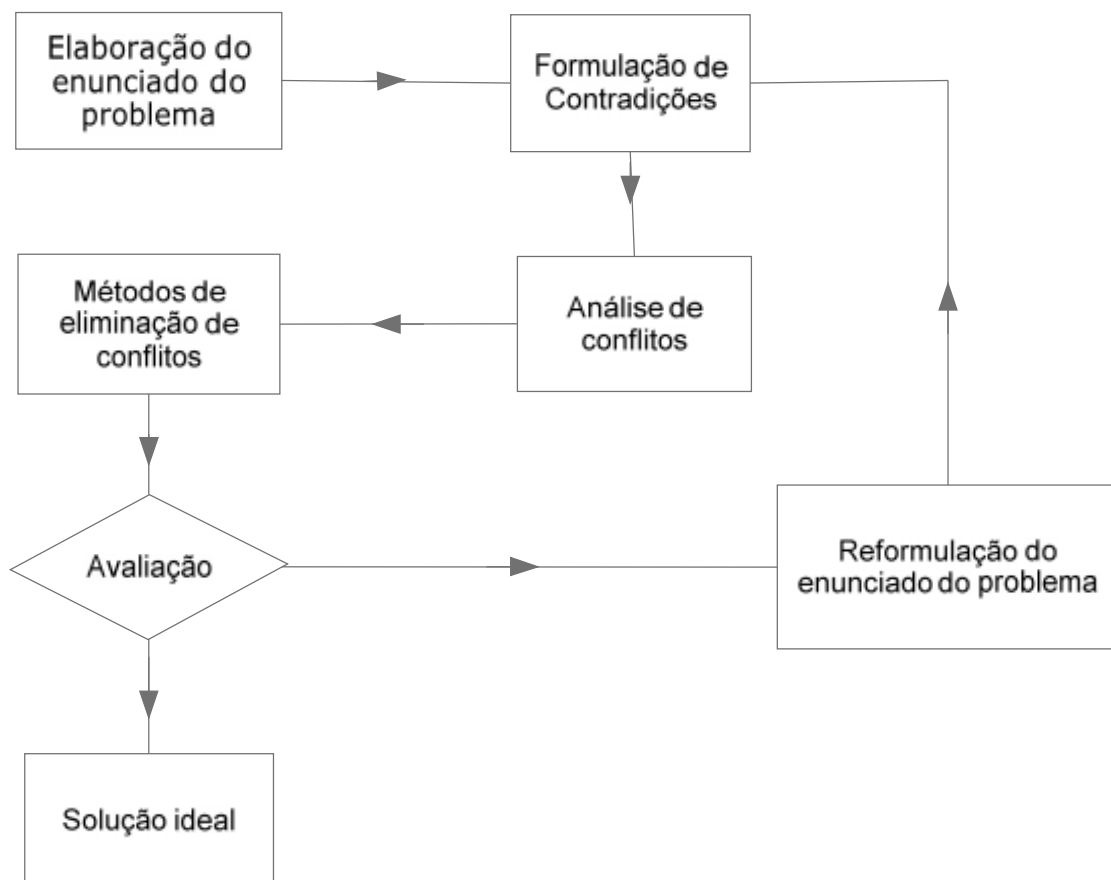


Figura 2.2 – Diagrama simplificado do ARIZ [2]

- Elaboração do enunciado do problema
- Formulação das contradições
- Análise dos conflitos
- Métodos de eliminação das contradições
- Formulação da solução ideal (ou reformulação do enunciado do problema)

### **Elaboração do enunciado do problema**

Formular o problema sem usar termos técnicos, porém incluir um sistema tecnológico para indicar a finalidade do sistema e listar as principais partes do sistema.

### **Formulação das contradições**

É necessário, descrever as contradições técnicas com o mínimo de modificações do sistema, para indicar o resultado pretendido.

- Contradição Técnica 1 (CT-1): (identificar)
- Contradição Técnica 2 (CT-2): (identificar)

### **Análise dos conflitos**

Os elementos em conflito incluem a peça que é o elemento que necessita de ser alterado e a ferramenta que é responsável por essa alteração.

Construir modelos gráficos para as contradições técnicas, para nos ajudar a ver o problema de uma maneira mais simplificada, nesta fase pode optar-se por usar outra ferramenta do TRIZ, a Análise Substância-Campo que nos auxilia na construção dos gráficos, ou analisar a tabela das contradições de forma a verificar se as contradições técnicas vão de encontro com os parâmetros de engenharia dessa tabela e tentar encontrar o princípio inventivo correspondente. No caso de termos escolhido construir modelos gráficos deve-se selecionar o modelo gráfico que oferece o melhor desempenho para o processo de fabricação principal.

De seguida reforça-se o conflito, indicando o estado limite (ação) dos elementos, ou até de forma exagerada por forma a gerar ideias de resolução do problema.



## **Métodos de eliminação das contradições**

Formular o modelo do problema para indicar os elementos em conflito, o reforço do mesmo (executado no passo anterior) e a introdução de um elemento denominado por X no sistema para resolver o problema, isto é, deve conter, melhorar, preservar, eliminar, etc.

## **Formulação da solução ideal (ou reformulação do enunciado do problema)**

Por fim, aplica-se uma ferramenta da TRIZ de maneira a solucionar o problema, se não for encontrada uma solução reformula-se o enunciado do problema e executa-se outra vez os mesmos passos descritos aqui anteriormente.

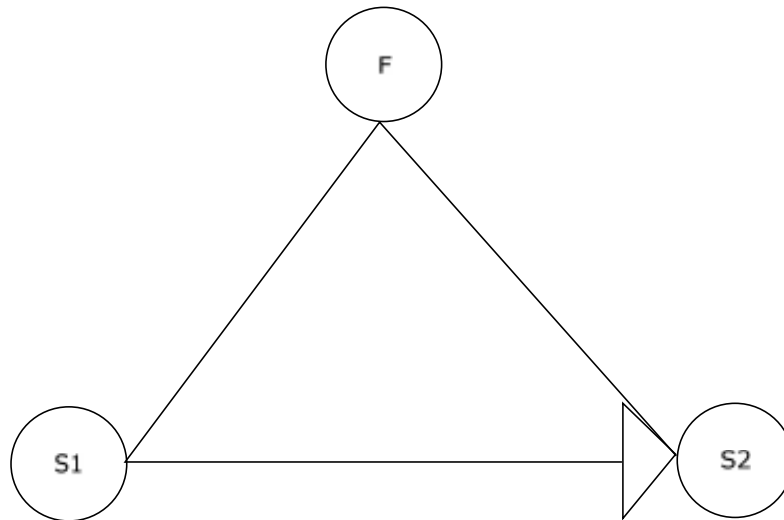
O objetivo principal é facilitar a transição de uma situação em que o problema é vago para um modelo precisamente formulado e extremamente simplificada - o modelo do problema. Embora o ARIZ tenha mais de 100 passos, os que foram descritos neste trabalho foram suficientes para chegar à solução.

## **2.2.2 Análise substância-campo**

A análise substância-campo é uma ferramenta analítica da TRIZ, que serve para construir modelos funcionais de problemas relacionados com os novos sistemas tecnológicos, podendo ser utilizado em problemas organizacionais com algumas adaptações, como se irá verificar mais à frente na resolução de um dos casos deste trabalho.

Os sistemas tecnológicos são criados para responder a necessidades que surgem ao longo do tempo. Pode-se descrever um sistema através de um triângulo substância-campo (como mostra a Figura 2.3), em que contém duas substâncias (S1 e S2) e um campo (F) preenchendo assim todos os vértices. As substâncias podem ser consideradas objetos, sendo que um atua no outro estando interligados pelo campo que representa uma forma de energia. Qualquer sistema de correto funcionamento pode ser modelado por um ou mais triângulos substância-campo.[5]

A Figura 2.3 mostra um triângulo substância-campo que representa um sistema a funcionar corretamente.



**Figura 2.3 - Triângulo substância-campo**

As substâncias S1 e S2 envolvidas na interação podem ser:

- Material
- Ferramenta
- Parte
- Pessoa
- Ambiente

Em geral, o campo F que actua sobre as substâncias pode ser:





- Mecânico
- Térmico
- Químico
- Elétrico
- Magnético

Quando não se consegue descrever um sistema através de um ou mais triângulos substância-campo, é porque existe algum problema e uma das três situações acontece:

- o efeito desejado não ocorre
- um efeito nocivo ocorre
- o efeito desejado é insuficiente (ineficiente)

Para construir modelos gráficos correspondentes, a seguinte notação é usada (como mostra a Tabela 2.1) [3]:

**Tabela 2.1 – Simbologia usada em triângulos substância-campo [3]**

Símbolos	Significado
	Ação ou efeito desejado
	Ação ou efeito desejado insuficiente (ineficiente)
	Ação ou efeito prejudicial
	Operador de solução

### O efeito desejado não ocorre

O modelo encontra-se incompleto, neste caso por falta de um ou dois elementos do triângulo substância-campo. Para se resolver o problema adiciona-se os elementos em falta que podem ser um campo e uma substância ou apenas um campo. De seguida analisa-se os campos mecânico, térmico, químico, elétrico e magnético de forma a encontrar o campo mais adequado que nos ajude a resolver o caso.

A Figura 2.4 descreve um modelo incompleto.

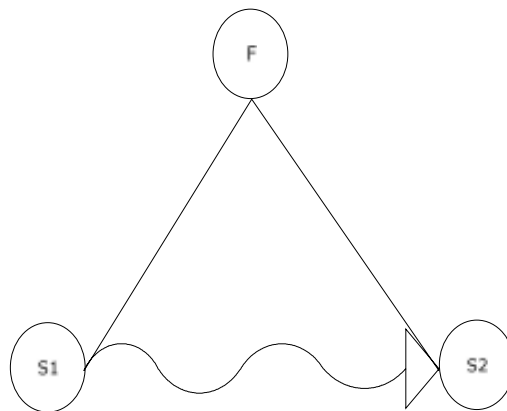


**Figura 2.4 – Modelo incompleto**

### Um efeito nocivo ocorre

Um modelo prejudicial representa a situação onde os três elementos estão no lugar, mas a interação entre as substâncias S1 e S2 é prejudicial ou indesejado. Assim deve-se inserir uma substância (S3) com o objetivo de eliminar o efeito prejudicial, sendo S3 uma modificação das outras substâncias. Outra solução será adicionar um campo (F2), explorando os cinco campos possíveis para encontrar o mais adequado.

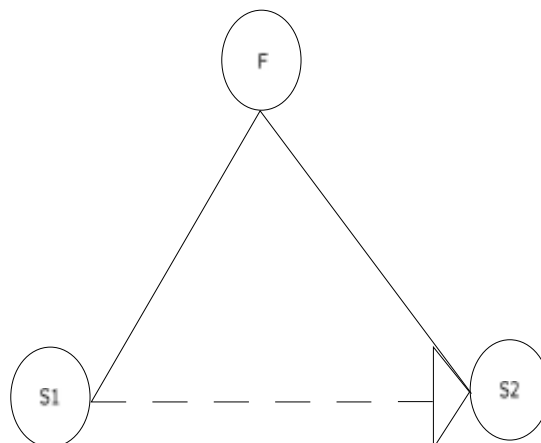
A Figura 2.5 descreve um triângulo substância-campo nocivo.



**Figura 2.5 – Triângulo substância-campo nocivo**

### O efeito desejado é insuficiente (ineficiente)

A Figura 2.6 descreve um triângulo substância-campo nocivo.



**Figura 2.6 - Triângulo substância-campo insuficiente (ineficiente)**

Nesta situação os três elementos estão no lugar, mas o campo F útil não é suficiente (é muito fraco, lento, etc.), para resolver este caso deve-se substituir F1 (ou F1 e S2) por F2 (ou F2 e S3). Outra solução será adicionar um campo (F2) para intensificar o efeito desejado ou inserir uma substância (S3) e adicionar outro campo (F2) para aumentar o efeito desejado.

Na aplicação desta ferramenta da TRIZ deve-se seguir os seguintes passos [6]:

1. Identificar os elementos disponíveis.
2. Identificar e completar o modelo substância-campo relacionado com a situação-problema.
3. Selecionar uma solução geral (solução padrão).
4. Desenvolver um conceito.

### **2.2.3 76 Soluções Padrão**

Esta ferramenta é usada de forma a complementar a análise substância-campo, após estar completo o modelo triangular, aplica-se o sistema de soluções padrão, que está dividido em cinco classes.

Para aplicar as soluções padrão de forma a resolver o problema [3]:

- Determinar o tipo de problema que se enfrenta: um que exija uma mudança no sistema, ou uma exigência para medir ou detetar algo.

- Se o problema é mudar o sistema:

- Construir um modelo de substância-campo do sistema atual ou situação.
- Se o modelo substância-campo incompleto (ou seja, uma interação necessária está ausente), aplicar as soluções padrão da substância-campo 1.1.
- Se o modelo de substância-campo é prejudicial, isto é, há uma interação indesejada no sistema, aplicam-se as soluções padrão da substância-campo 1.2.
- Se o modelo substância-campo é ineficiente, ou seja, o sistema não é eficaz o suficiente, aplicar as soluções padrão das classes 2 e 3.

- Se o problema é medir ou detetar alguma coisa, aplicar as soluções padrão da classe 4.

- Depois de encontrado um conceito de solução, verificar se o modelo (na verdade, o sistema) pode ser simplificada através da aplicação das soluções padrão da classe 5, estas soluções também devem ser consideradas se houver fortes restrições contra a introdução de novas substâncias e interações

Classe 1: contém soluções para construir e destruir modelos substância-campo. Esta classe contém várias regras para a criação das interações necessárias ou para a eliminação das interações indesejáveis, dependendo das restrições que se aplicam.

A Tabela 2.2 descreve as soluções padrão existentes na classe 1 [3].

**Tabela 2.2 – Soluções padrão: classe 1**

<b>Classe 1. Construir e destruir modelos substância-campo</b>	
<b>1.1 Construção de modelos substância-campo</b>	
<b>1.1.1 Construção de um modelo substância-campo</b>	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para mudanças necessárias, e a descrição do problema não inclui quaisquer restrições para a introdução de substâncias ou campos, o problema pode ser resolvido através do preenchimento do modelo substância-campo para introduzir os elementos em falta.
<b>1.1.2 Modelo interno substância-campo complexo</b>	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema não inclui quaisquer restrições à introdução de substâncias e de campos, o problema pode ser resolvido pela transição permanente ou temporária para o modelo interno complexo substância-campo, ou seja, introduzindo aditivos em S1 ou S2 para aumentar a controlabilidade, ou conferir as propriedades pretendidas para o modelo de substância-campo.
<b>1.1.3 Modelo complexo externo substância-campo</b>	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema inclui restrições à introdução de aditivos em substâncias existentes S1 e S2, o problema pode ser resolvido pela transição permanente ou temporária para o modelo externo substância-campo complexo, anexando S1 ou S2 à substância um externo S3, com a finalidade de aumentar a controlabilidade ou transmitir propriedades requeridas para o modelo de substância-campo.
<b>1.1.4 Modelo substância-campo externo com o meio ambiente</b>	Se um determinado modelo substância-campo não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema inclui restrições à introdução de aditivos, tanto nele como anexando substâncias a ele, o problema pode ser resolvido com a construção de um modelo substância-campo, utilizando o ambiente como um aditivo.

<b>1.1.5 Modelo substância-campo com o ambiente e aditivos</b>	Se o ambiente não contém as substâncias necessárias para criar um modelo de substância-campo de acordo com a solução padrão 1.1.4, estas substâncias podem-se obter mediante a substituição do meio ambiente, a sua decomposição, ou a introdução de aditivos nele.
<b>1.1.6 Modo mínimo</b>	Se o modo mínimo (isto é, medido, ótimo) de ação é necessário e é difícil ou impossível de fornecê-lo, aplica-se o modo máxima, e em seguida, é recomendado eliminar o excedente. O campo excedente pode ser eliminado por uma substância e a substância excedente pode ser eliminada por um campo.
<b>1.1.7 Modo máximo</b>	Se o modo máximo de uma ação de uma substância é necessário e é proibido por várias razões, a ação máxima deve ser mantida, mas dirigida sobre uma outra substância ligada ao primeiro.
<b>1.1.8 Modo seletivo máximo</b>	<p>Se um modo seletivo máximo é necessário (isto é, o modo máxima em zonas selecionadas e modo mínimo em outras zonas), o campo deve ser:</p> <p>-máximo: neste caso, uma substância protetora deve ser introduzido em todos os lugares onde a influência mínima é necessária.</p> <p>-mínimo: neste caso, uma substância capaz de gerar um campo local deveria ser introduzida em todos os lugares onde a influência máxima é necessária.</p>
<b>1.2 Destruir modelos substância-campo</b>	
<b>1.2.1 Eliminando a interação prejudicial ao introduzir S3</b>	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de substância-campo, e não é necessário que estas substâncias sejam estreitamente adjacentes uma à outra, o problema pode ser resolvido mediante a introdução de uma terceira substância entre estas duas substâncias, que não tem custo (ou aproximadamente).
<b>1.2.2 Eliminando a interação prejudicial através da introdução de S1modificado e/ou S2</b>	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de substância-campo e estas substâncias não têm de ser imediatamente adjacentes uma à outra, no entanto, a descrição do problema inclui restrições sobre a introdução de substâncias estranhas, o problema pode ser resolvido introduzindo entre estas duas substâncias uma terceira substância, que é uma modificação das substâncias existentes.
<b>1.2.3 “Retirar” uma ação prejudicial</b>	Se for necessário para eliminar a ação prejudicial de um campo de uma substância, o problema pode ser resolvido mediante a introdução de uma segunda substância que "retira" a ação prejudicial.

<b>1.2.4 Neutralizar uma ação prejudicial com F2</b>	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de substância-campo e estas substâncias, ao contrário das soluções padrão 1.2.1 e 1.2.2, devem ser imediatamente adjacentes uma à outra, o problema pode ser resolvido através da criação de um modelo duplo de substância-campo, em que a ação útil é executada pelo campo F1 e o segundo campo F2, neutraliza a ação prejudicial ou transforma a ação prejudicial numa ação útil.
<b>1.2.5 "Desligar" uma influência magnética</b>	Se for necessário para destruir um modelo de substância-campo com um campo magnético, o problema pode ser resolvido mediante a aplicação dos fenómenos de "desligar" as propriedades ferromagnéticas de uma substância.

Classe 2: é feita de soluções voltadas para melhorar os modelos substância-campo e inclui métodos para melhorar o desempenho do sistema, sem aumentar substancialmente a complexidade do sistema.

A Tabela 2.3 descreve as soluções padrão existentes na classe 2 [3].

**Tabela 2.3 – Soluções Padrão: classe 2**

<b>Classe 2. Melhorando os modelos substância-campo</b>	
<b>2.1 Transição para modelos substância-campo complexos</b>	
<b>2.1.1 Modelo de cadeia de substância-campo</b>	Se é necessário para melhorar um modelo de substância-campo, o problema pode ser resolvido mediante a transformação de um elemento do modelo em uma forma independente-controlada do modelo substância-campo completo e criar um modelo de cadeia.  S3 ou S4, por sua vez podem ser transformados em um modelo de substância-campo completo.
<b>2.1.2 Modelo substância-campo duplo</b>	Se é necessário para melhorar um modelo substância-campo de difícil controlo e a substituição de elementos é proibida, o problema pode ser resolvido através da construção de um modelo duplo através da aplicação de um segundo campo facilmente controlado.



<b>2.2 Impondo modelos substância-campo</b>	
<b>2.2.1 Aplicação de campos mais controláveis</b>	Um modelo de substância-campo pode ser reforçado através da substituição de um campo incontrolável ou de difícil controlo por um que é facilmente controlado.
<b>2.2.2 Fragmentação de S2</b>	Um modelo de substância-campo pode ser melhorada através do aumento do grau de fragmentação da substância utilizada como uma ferramenta.
<b>2.2.3 Aplicação de substâncias capilares e porosas</b>	<p>Um caso especial de fragmentação da substância é a transição de uma substância sólida para uma capilar ou porosa. Esta transição prossegue de acordo com a seguinte linha:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- substância sólida</li> <li>- substância sólida com uma cavidade</li> <li>- substância sólida com várias cavidades</li> <li>- substância capilar ou porosa</li> <li>- substância capilar ou porosa com poros de estrutura e dimensões especiais</li> </ul> <p>À medida que a substância desenvolve de acordo com esta linha, a possibilidade de colocar um líquido nas cavidades ou poros cresce, bem como a aplicação de alguns dos fenómenos naturais.</p>
<b>2.2.4 Dinamização</b>	Um modelo de substância-campo pode ser reforçado para aumentar o seu nível de dinamismo, isto é, fazendo a estrutura do sistema mais flexível e fácil de mudar.
<b>2.2.5 Campos estruturantes</b>	<p>Um modelo substância-campo pode ser reforçado através da substituição de áreas homogêneas ou campos não estruturados tanto por campos heterogêneos como por campos de estrutura espacial permanente ou variável.</p> <p>Em particular, se é necessário para conferir uma estrutura especial espacial a uma substância, que é (ou pode ser) incorporada no modelo substância-campo, o processo de estruturação deve ser realizada em um campo tendo uma estrutura que corresponde à estrutura necessária da substância.</p>
<b>2.2.6 Substâncias estruturantes</b>	<p>Um modelo substância-campo pode ser melhorado, substituindo substâncias homogêneas ou não estruturadas tanto por substâncias heterogêneas como por substâncias com estrutura espacial permanente ou variável.</p> <p>Em particular, se for necessário para obter aquecimento intensivo em locais definidos, pontos ou linhas do sistema, recomenda-se que uma substância exotérmica seja introduzida antes do tempo.</p>

<b>2.3 Aplicação por ritmos correspondentes</b>	
<b>2.3.1 Correspondendo os ritmos do F e S1 ou S2</b>	A ação de um campo em um modelo substância-campo deve ser correspondido (ou intencionalmente mal correspondido) entre a frequência e a frequência natural do produto ou ferramenta.
<b>2.3.2 Correspondendo os ritmos de F1 e F2</b>	As frequências de campos aplicados em modelos substância-campo complexos devem ser compatíveis ou intencionalmente incompatíveis.
<b>2.3.3 Correspondendo ações incompatíveis ou previamente independentes</b>	Se duas ações são incompatíveis, uma delas deve ser realizada durante as pausas da outra. Em geral, as pausas numa ação devem ser preenchidas por outra ação útil.
<b>2.4 Modelos de campo ferromagnético (modelos substância-campo complexos forçados)</b>	
<b>2.4.1 Modelos pré-ferro-campo</b>	Um modelo de substância-campo pode ser reforçado pela utilização de substâncias ferromagnéticas, juntamente com um campo magnético.
<b>2.4.2 Modelos ferro-campo</b>	Para melhorar a controlabilidade do sistema, é sugerido que um modelo substância-campo ou pré-ferro-campo seja substituído por um modelo de ferro-campo. Para fazer isto, as partículas ferromagnéticas devem ser substituídas por (ou adicionados a) uma substância, e um campo magnético ou eletromagnético aplicado. Fichas, grânulos, grãos, etc., podem também ser considerados como partículas ferromagnéticas. A eficiência de controle aumenta com a maior fragmentação das partículas ferromagnéticas. Assim, modelos ferro-campo evoluem de acordo com a seguinte linha: granulado – pó – partículas ferromagnéticas finamente moídas. A eficiência de controle também aumenta ao longo da linha em relação a essa na qual a substância da partícula de ferro está incluído: substância sólida – grânulos – pó – líquido.
<b>2.4.3 Líquidos magnéticos</b>	Modelos ferro-campo podem ser melhorados através da utilização de líquidos magnéticos. Um líquido magnético é uma solução coloidal de partículas ferromagnéticas em um líquido, tal como o querosene, o silicone, a água, etc. A solução padrão 2.4.3 pode ser considerada o último caso da evolução de acordo com a solução padrão 2.4.2.
<b>2.4.4 Aplicando estruturas capilares em modelos ferro-campo</b>	Modelos ferro-campo podem ser melhorados utilizando as estruturas capilares ou porosas inerentes em muitos destes modelos.

<b>2.4.5 Modelos de ferro-campo complexos</b>	Se a controlabilidade do sistema pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, e é proibida a substituição de uma substância por partículas ferromagnéticas, a transferência pode ser realizada através da criação de um modelo interno ou externo de um ferro-campo complexo através da introdução de aditivos numa das substâncias.
<b>2.4.6 Modelos ferro-campo com o meio ambiente</b>	Se a controlabilidade do sistema pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, e é proibido substituir uma substância com partículas ferromagnéticas ou introduzir aditivos, as partículas ferromagnéticas podem ser introduzidas no meio ambiente. O controlo do sistema é realizado através da modificação dos parâmetros do meio ambiente com um campo magnético aplicado (ver solução padrão 2.4.3).
<b>2.4.7 Aplicação de efeitos físicos e fenómenos</b>	A controlabilidade de modelos ferro-campo pode ser melhorada através da utilização de certos efeitos físicos / fenómenos.
<b>2.4.8 Dinamização</b>	Um modelo de ferro-campo pode ser reforçado, "dinamizado" – através da alteração da estrutura do sistema para uma mais flexível e modificável.
<b>2.4.9 Estruturação</b>	Um modelo de ferro-campo pode ser reforçado por transição de um campo homogéneo ou não-estruturado, por um heterogéneo ou estruturado.
<b>2.4.10 Ritmos correspondentes nos modelos ferro-campo</b>	Um modelo pré-ferro-campo ou ferro-campo pode ser melhorado combinando os ritmos dos elementos do sistema.
<b>2.4.11 Modelos eletro-campo</b>	<p>Se é difícil introduzir partículas ferromagnéticas ou magnetizar um objeto, utilizar a interação entre um campo eletromagnético externo e corrente elétrica, ou entre duas correntes. A corrente pode ser criada por contato elétrico com a fonte ou por indução eletromagnética.</p> <p>Notas:</p> <p>1. Um modelo de ferro-campo é um modelo de um sistema com partículas ferromagnéticas. Um modelo de eletro-campo é aquele onde as correntes elétricas estão a agir e / ou a interagir.</p> <p>2. A evolução de modelos eletro-campo, bem como os modelos de ferro-campo, seguem a linha geral:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- modelo eletro-campo simples</li> <li>- modelo eletro-campo complexo</li> <li>- modelo eletro-campo com o meio ambiente</li> <li>- dinamização do modelo eletro-campo</li> <li>- modelo eletro-campo estruturado</li> <li>- modelo eletro-campo com ritmos correspondentes</li> </ul>

	Após a informação relacionada com os modelos eletro-campo ser acumulada, uma análise mostra se é razoável separar um grupo especial de soluções padrão que descrevem a utilização de modelos eletro-campo.
<b>2.4.12 Líquidos reológicos</b>	Um tipo especial de modelos eletro-campo é um líquido eletro reológico com a viscosidade controlada por um campo elétrico. Se o líquido magnético não é utilizável, um líquido eletro reológico pode ser usado.

Classe 3: contém regras de transição tanto para um supersistema como para um nível micro. Estas soluções padrão continuam na direção (iniciada na classe 2) do melhoramento dos modelos substância-campo. As soluções padrão das classes 2 e 3 são baseados nos seguintes padrões de evolução dos sistemas tecnológicos: maior complexidade seguido de simplificação, aumento do dinamismo e da capacidade de controlo, a transição para níveis micro, correspondências e incompatibilidades, etc.

A Tabela 2.4 descreve as soluções padrão existentes na classe 3 [3].

**Tabela 2.4 – Soluções padrão: classe 3**

<b>Classe 3. Transição para supersistema e níveis micro</b>	
<b>3.1 Transição para bi-sistemas e poli-sistemas</b>	
<b>3.1.1 Sistema de transição 1-a: a criação de bi-sistemas e poli-sistemas</b>	O desempenho do sistema, em qualquer fase da evolução pode ser reforçado por transição do sistema 1-a: combinando o sistema com um outro sistema(s), construindo assim um bi-sistema ou um poli-sistema complexo.
<b>3.1.2 Elos reforçados em bi-sistemas e poli-sistemas</b>	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através do desenvolvimento dos elos das relações entre os seus elementos.
<b>3.1.3 Sistema de transição 1-b: aumentar as diferenças entre elementos</b>	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através do aumento das diferenças entre os seus elementos de transição (sistema 1-b): a partir de elementos idênticos, para elementos com características alteradas, para um conjunto de elementos diferentes, para uma combinação de características invertidas - ou "elemento e anti-elemento".

<b>3.1.4 Simplificação dos bi-sistemas e poli-sistemas</b>	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através da simplificação do sistema, em primeiro lugar, sacrificando peças auxiliares. Completamente simplificado bi-sistemas e poli-sistemas tornam-se mono-sistemas de novo, e todo o ciclo pode ser repetido com um novo nível.
<b>3.1.5 Sistema de transição 1-c: características opostas do todo e suas partes</b>	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através da separação das características incompatíveis entre o sistema como um todo e suas partes (transição de sistema 1-c). Como resultado, o sistema é utilizado em dois níveis, com todo o sistema a ter a característica F, e as suas partes ou partículas tendo a característica oposta, anti-F.
<b>3.2 Transição para o nível micro</b>	
<b>3.2.1 Transição de sistema 2: transição para o nível micro</b>	Um sistema pode ser aumentado, em qualquer estágio evolutivo através do sistema transição 2: do nível macro para o nível micro. O sistema ou a sua parte é substituído por uma substância capaz de realizar a ação desejada, sob a influência de algum campo.

Classe 4: é dedicada a resolver os problemas específicos relacionados com a medição e detecção. Estes problemas têm muitas características distintas, embora as principais direções da evolução dos sistemas de medição estão sujeitos aos mesmos padrões gerais de evolução, consequentemente, as soluções padrão na classe 4 têm muito em comum com as classes 1, 2 e 3.

A Tabela 2.5 descreve as soluções padrão existentes na classe 4 [3].

**Tabela 2.5 – Soluções padrão: classe 4**

<b>Classe 4. Soluções padrão para a detecção e medição</b>	
<b>4.1 Métodos indiretos</b>	
<b>4.1.1 Substituir a detecção ou a medição com a alteração do sistema</b>	Se tiver um problema com a detecção ou a medição, é adequado modificar o sistema de uma maneira que torna a necessidade de resolver o problema obsoleto.
<b>4.1.2 Aplicação de cópias</b>	Se tem um problema com a detecção ou medição, e é impossível aplicar a solução padrão 4.1.1, é adequado manipular uma cópia ou uma foto de um objeto em vez do próprio objeto.

<b>4.1.3 Medição como duas detecções consecutivos</b>	Se tiver um problema com a detecção ou medição e é impossível aplicar as soluções padrão 4.1.1 e 4.1.2, é adequado transformar o problema em um, onde duas detecções consecutivos de variação são efetuadas.
<b>4.2 Construção de medição de modelos substância-campo</b>	
<b>4.2.1 Medição do modelo substância-campo</b>	Se um modelo substância-campo incompleto é difícil de medir ou detectar, o problema pode ser resolvido por preenchimento de um regular ou duplo modelo substância-campo com um campo numa saída.
<b>4.2.2 Medição do modelo complexo substância-campo</b>	Se um sistema ou a sua parte é difícil de detectar ou medir, o problema pode ser resolvido por transição para o interior ou exterior do modelo complexo de substância-campo com a introdução de aditivos de fácil detecção.
<b>4.2.3 Medição do modelo substância-campo com o meio ambiente</b>	Se um sistema é difícil de detectar ou medir em certos momentos no tempo, e é impossível introduzir aditivos, devem ser introduzidos no ambiente aditivos capazes de gerar uma fácil detecção (ou fácil medição) do campo; alterações no estado do ambiente irão fornecer informações sobre as alterações no sistema.
<b>4.2.4 Obtenção de aditivos no ambiente</b>	Se não for possível a introdução de aditivos no meio ambiente em conformidade com a solução padrão 4.2.3, estes aditivos podem ser produzidos no próprio ambiente, por exemplo, através da sua destruição ou alterando o seu estado de fase. No gás, em particular ou bolhas de vapor obtidas por eletrólise, ou por cavitação, ou outros métodos são frequentemente aplicados.
<b>4.3 Reforçando a medição dos modelos substância-campo</b>	
<b>4.3.1 Aplicando efeitos físicos e fenómenos</b>	A eficácia de medição e/ou detecção de um modelo substância-campo pode ser reforçada pela utilização de fenómenos físicos.
<b>4.3.2 Aplicando oscilações de ressonância de uma amostra</b>	Se é impossível detectar diretamente ou medir as mudanças num sistema e passar um campo através do sistema também é impossível, o problema pode ser resolvido através da geração de oscilações de ressonância de qualquer sistema como um todo ou uma parte dele; variações na frequência de oscilação fornecem informações sobre alterações do sistema.
<b>4.3.3 Aplicando oscilações de ressonância de um objeto combinado</b>	Se a aplicação de solução padrão 4.3.2 é impossível, a informação sobre o estado do sistema pode ser obtida através de oscilações livres de um objeto exterior ou do ambiente, ligadas ao sistema.

<b>4.4 Transição para ferro-campo modelos</b>	
<b>4.4.1 Medição do modelo pré-ferro-campo</b>	Modelos substância-campo com campos não magnéticos, são capazes de se transformar em modelos pré-ferro-campo que contenham substâncias magnéticas e um campo magnético.
<b>4.4.2 Medição modelo de ferro-campo</b>	<p>A eficácia de uma medição e/ou detecção de um modelo substância-campo ou pré-ferro-campo pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, substituindo uma das substâncias com partículas ferromagnéticas ou pela adição de partículas ferromagnéticas.</p> <p>A informação é então obtida por meio da detecção ou medição do campo magnético.</p>
<b>4.4.3 Medição complexa do modelo de ferro-campo</b>	Se a eficácia de medição e/ou de detecção pode ser reforçada através da transição para um modelo de ferro-campo, mas a substituição de substâncias com partículas ferromagnéticas é proibida, esta transição pode ser realizada através da criação de um modelo complexo de ferro-campo através da introdução de aditivos na substância.
<b>4.4.4 Medição modelo ferro-campo com o meio ambiente</b>	Se a eficácia de medição e / ou de detecção pode ser reforçada através da transição para um modelo de ferro-campo, mas a introdução de partículas ferromagnéticas é proibida, as partículas devem ser introduzidos no ambiente.
<b>4.4.5 Aplicação de efeitos físicos e fenómenos</b>	A eficácia de uma medição e / ou detecção do modelo substância-campo ou pré-ferro-campo pode ser melhorada através da aplicação de fenómenos físicos.
<b>4.5 Direção da evolução de sistemas de medição</b>	
<b>4.5.1 Transição para bi-sistemas e poli-sistemas</b>	A eficácia de uma medição e / ou detecção do modelo substância-campo ou pré-ferro-campo em qualquer fase da evolução pode ser melhorada através da construção de um bi-sistema ou de um poli-sistema.
<b>4.5.2 Direção da evolução</b>	<p>Sistemas de medição e / ou detecção evoluem na seguinte direção:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-medição de uma função</li> <li>-medição da primeira derivada da função</li> <li>-medição da segunda derivada da função</li> </ul>

Classe 5: contém regras para a aplicação das soluções padrão e são conceitos muito importantes para a obtenção de soluções eficazes. Aplicando as soluções padrão a partir das classes de 1 a 4 leva a complexidade do sistema a aumentar pois torna-se necessário introduzir substâncias adicionais e interações com o sistema. As soluções padrão da classe 5 mostram como algo novo pode ser adicionado ao sistema, sem introduzir nada de novo - por outras palavras, estas soluções são dedicadas à simplificação do sistema.

A Tabela 2.6 descreve as soluções padrão existentes na classe 5 [3].

**Tabela 2.6 – Soluções padrão: classe 5**

<b>Classe 5. Normas para a aplicação das soluções padrão</b>	
<b>5.1 Introduzindo substâncias</b>	
<b>5.1.1 Métodos indiretos</b>	<p>Se as condições de trabalho não permitem a introdução de substâncias num sistema, as seguintes maneiras indiretas devem ser utilizadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- aplicação do "vazio" (espaço aberto) em vez da substância</li> <li>- introdução de um campo em vez da substância</li> <li>- aplicação de um aditivo externo, em vez de um interno</li> <li>- introduzindo uma pequena quantidade de um aditivo muito ativo</li> <li>- introdução de uma pequena quantidade do aditivo na forma concentrada em locais específicos</li> <li>- introduzindo o aditivo temporariamente</li> <li>- aplicando um modelo ou cópia de um objeto, em vez do próprio objeto, permitindo a introdução de aditivos</li> <li>- obtenção de aditivos necessários através da decomposição dos produtos químicos introduzidos</li> <li>- obtenção de aditivos necessários através da decomposição de qualquer ambiente ou do próprio objeto, por exemplo, por transformação de fase ou eletrólise.</li> </ul>
<b>5.1.2 Dividir uma substância</b>	<p>Se um sistema não responde a alterações, e modificar a ferramenta ou introduzir aditivos é proibido, partes que interagem da peça de trabalho podem ser utilizadas em vez da ferramenta.</p> <p>Em particular, se o sistema contiver um fluxo de partículas finas e é necessário para melhorar a sua controlabilidade, o fluxo deve ser separada em duas partes. Se todo o fluxo tem uma carga, a carga oposta deve ser aplicada a uma parte do sistema.</p>



<b>5.1.3 Auto eliminação de substâncias</b>	Após a realização do seu trabalho, uma substância introduzida deve desaparecer ou tornar-se idêntica a substâncias já existentes no sistema ou no meio ambiente.
<b>5.1.4 Introduzindo substâncias em grandes quantidades</b>	Se as condições não permitem a introdução de grandes quantidades de uma substância, o "vazio" como estrutura inflável ou de espuma pode ser utilizada em vez da substância.
<b>5.2 Introdução de campos</b>	
<b>5.2.1 Uso múltiplo de campos disponíveis</b>	Se for necessário introduzir um campo em um modelo substância-campo, deve-se em primeiro lugar, aplicar campos existentes cujos portadores são as substâncias envolvidas.
<b>5.2.2 Introdução de campos a partir do ambiente</b>	Se é necessário introduzir um campo, mas é impossível fazê-lo, de acordo com solução padrão 5.2.1, tente aplicar campos existentes no meio ambiente.
<b>5.2.3 Utilizar substâncias capazes de originar campos</b>	Se um campo não pode ser introduzido em conformidade com as soluções padrão 5.2.1 e 5.2.2, deve-se aplicar campos que podem ser gerados por substâncias existentes no sistema ou no ambiente.
<b>5.3 Transições de fase</b>	
<b>5.3.1 Transição de fase 1: mudança de fase</b>	A eficácia da aplicação de uma substância (sem a introdução de outras substâncias) pode ser melhorada através da transição de fase 1, isto é, por transformação de fase de uma substância existente.
<b>5.3.2 Transição de fase 2: estado de fase dinâmico</b>	As características duais de uma substância podem ser realizadas através da transição de fase 2, isto é, através da utilização de substâncias capazes de alterar o seu estado de fase, dependendo das condições de trabalho.
<b>5.3.3 Transição de fase 3: utilizando fenômenos associados</b>	Um sistema pode ser melhorado usando a transição de fase 3, isto é, mediante a aplicação de fenômenos que acompanham uma transição de fase.
<b>5.3.4 Transição de fase 4: transição para um estado de dupla fase</b>	As características duais de um sistema podem ser realizadas através da transição de fase 4, isto é, por substituição de um estado monofásico por um estado de fase dupla.

<b>5.3.5 Interação de fase</b>	A eficácia de um sistema utilizando a transição de fase 4, pode ser melhorada através da criação de interações entre as partes ou fases do sistema.
<b>5.4 Peculiaridades da aplicação de efeitos físicos e fenômenos</b>	
<b>5.4.1 Transições autocontroladas</b>	Se um objeto deve periodicamente existir em diferentes estados físicos, esta transição deve ser realizada pelo próprio objeto através da utilização de transições físicas reversíveis.
<b>5.4.2 Amplificação do campo de saída</b>	Se uma ação forte sob uma fraca influência é necessária, a substância transformadora deve estar no estado quase crítico. A energia é acumulada na substância e a influência funciona como um gatilho.
<b>5.5 Soluções padrão experimentais</b>	
<b>5.5.1 Obtenção de partículas de substâncias através da decomposição</b>	Se as partículas de uma substância são necessárias a fim de realizar um conceito da solução, e obtê-los diretamente é impossível, as partículas necessárias devem ser criadas pela decomposição de uma substância de nível estrutural mais elevado.
<b>5.5.2 Obtenção de partículas de substâncias através da integração</b>	Se as partículas de uma substância são necessárias a fim de realizar um conceito da solução e é impossível obtê-los diretamente e é impossível aplicar a solução padrão 5.5.1, as partículas necessários podem ser criadas completando ou combinando as partículas de um nível inferior estrutural.
<b>5.5.3 A aplicação das soluções padrão 5.5.1 e 5.5.2</b>	A maneira mais fácil de aplicar a solução padrão 5.5.1 é destruir o próximo nível mais alto "completo" ou "excessivo". A maneira mais fácil de aplicar a solução padrão 5.5.2 é completar o mais próximo do nível mais baixo "incompleto".

O sistema de soluções padrão ajuda o solucionador de problemas a obter conceitos de alto nível, pelo menos, 10 - 20% dos problemas extremamente complicadas, além disso, ele pode ser aplicado com a finalidade de previsão limitada da evolução de vários sistemas, para encontrar soluções parciais a certos problemas não normalizadas, e para melhorar novos conceitos de solução.[5]

## 2.2.4 Matriz de Contradições

Do estudo efetuado em 1946 de análise de patentes, Genrich S. Altshuller conseguiu identificar 39 características (parâmetros de engenharia) que causavam o conflito no problema, como mostra a Tabela 2.7:

**Tabela 2.7 - 39 Parâmetros de engenharia [7]**

1. Peso do objeto em movimento	21. Potência
2. Peso do objeto parado	22. Perda de energia
3. Comprimento do objeto em movimento	23. Perda de substância
4. Comprimento do objeto parado	24. Perda de informação
5. Área do objeto em movimento	25. Perda de tempo
6. Área do objeto parado	26. Quantidade de substância
7. Volume do objeto em movimento	27. Confiabilidade
8. Volume do objeto parado	28. Precisão de medição
9. Velocidade	29. Precisão de fabricação
10. Força	30. Fatores externos indesejados atuando no objeto
11. Tensão ou pressão	31. Fatores indesejados causados pelo objeto
12. Forma	32. Manufaturabilidade
13. Estabilidade da composição	33. Conveniência de uso
14. Resistência	34. Manutenibilidade
15. Duração da ação do objeto em movimento	35. Adaptabilidade
16. Duração da ação do objeto parado	36. Complexidade do objeto
17. Temperatura	37. Complexidade de controle
18. Brilho	38. Nível de automação
19. Energia gasta pelo objeto em movimento	39. Capacidade ou produtividade
20. Energia gasta pelo objeto parado	

### **Parâmetros de engenharia [7]**

#### 1. Peso do objeto em movimento

Massa do objeto em movimento num campo gravitacional.

#### 2. Peso do objeto parado

Massa do objeto imóvel num campo gravitacional.

#### 3. Comprimento do objeto em movimento

Dimensão linear do objeto.

4. Comprimento do objeto parado

Dimensão linear do objeto.

5. Área do objeto em movimento

Característica geométrica para descrever uma quantidade de espaço bidimensional, interna ou externa do objeto em movimento.

6. Área do objeto parado

Característica geométrica para descrever uma quantidade de espaço bidimensional, interna ou externa do objeto imóvel.

7. Volume do objeto em movimento

Quantidade de espaço tridimensional ocupado por um objeto.

8. Volume do objeto parado

Quantidade de espaço tridimensional ocupado por um objeto.

9. Velocidade

Distância percorrida por um objeto num determinado intervalo de tempo ou uma taxa em relação a um processo ou ação.

10. Força

Medida de interação que tenha como intenção modificar a condição de um objeto.

11. Tensão ou pressão

Força exercida por unidade de área.

12. Forma

Contorno externo de um componente ou sistema.

13. Estabilidade da composição

Integridade do sistema, e o relacionamento dos seus elementos incluindo também nesta categoria a decomposição química, o desgaste, a dissociação e o aumento de entropia.

14. Resistência

Capacidade de um objeto se opor à aplicação de uma força.

15. Duração da ação do objeto em movimento

Intervalo de tempo em que o objeto pode executar uma ação, vida útil ou durabilidade.

16. Duração da ação do objeto parado

Intervalo de tempo em que o objeto pode executar uma ação, vida útil ou durabilidade.

17. Temperatura

Condição térmica de um objeto ou sistema.

18. Brilho

Fluxo de luz por unidade de área, incluindo também características óticas como a cor, brilho, qualidade da luz, etc.

19. Energia gasta pelo objeto em movimento

Medida da capacidade de um objeto efetuar uma ação.

20. Energia gasta pelo objeto parado

Medida da capacidade de um objeto efetuar uma ação.

21. Potência

Taxa na qual a ação é executada ou taxa de uso da energia.

22. Perda de energia

Ineficiência, energia gasta que não contribui para a execução da tarefa.

23. Perda de substância

Perda de massa de componentes do sistema, total ou parcial, permanente ou temporário.

24. Perda de informação

Perda de dados ou acesso a eles, de ou para um sistema, que pode ser parcial ou total, permanente ou temporário. Nessa informação podem estar incluídos dados visuais, auditivos, táteis, olfativos ou gustativos.

25. Perda de tempo

Ineficiência do uso do tempo disponível.

26. Quantidade de substância

Número ou quantidade de materiais, substâncias, peças ou subsistemas que podem ser alterados.

27. Confiabilidade

Capacidade de um sistema ou componente cumprir as tarefas pretendidas em determinadas condições.

28. Precisão de medição

Proximidade entre o valor medido e o valor real.

29. Precisão de fabricação

Proximidade entre as características reais de um sistema ou objeto e as características especificadas ou requeridas.

30. Fatores externos indesejados atuando no objeto

Suscetibilidade de um sistema aos efeitos prejudiciais externos.

31. Fatores indesejados causados pelo objeto

Redução da eficiência ou da qualidade devido ao objeto como parte integrante da operação.

32. Manufaturabilidade

Facilidade de fabricação, manufatura, montagem e inspeção.

33. Conveniência de uso

Simplicidade do processo.

34. Manutenabilidade

Conveniência, conforto, simplicidade e tempo para reparar falhas ou defeitos de um sistema.

35. Adaptabilidade

Capacidade de um sistema responder positivamente a alterações externas, inclusive o seu uso em múltiplas formas e sob diferentes condições.

36. Complexidade do objeto

Número e diversidade de elementos e relacionamento entre si dentro do sistema.

37. Complexidade de controlo

O controlo de sistemas é complexo, custoso, requer muito tempo e mão de obra.

38. Nível de automação

Capacidade de um sistema ou objeto executar tarefas sem a intervenção humana.

### 39. Capacidade ou produtividade

Número de funções ou operações realizadas por um sistema por unidade de tempo. Tempo por unidade de função ou operação. Saída por unidade de tempo ou custo por unidade de saída.

Para a resolução destes conflitos foi possível identificar 40 princípios inventivos, como mostra a Tabela 2.8:

**Tabela 2.8 – 40 Princípios inventivos [8]**

1. Segmentação ou fragmentação	21. Aceleração
2. Remoção ou extração	22. Transformação de prejuízo em lucro
3. Qualidade localizada	23. Retroalimentação
4. Assimetria	24. Mediação
5. Consolidação	25. Autosserviço
6. Universalização	26. Cópia
7. Aninhamento	27. Uso e descarte
8. Contrapeso	28. Substituição de meios mecânicos
9. Compensação prévia	29. Construção pneumática ou hidráulica
10. Ação prévia	30. Uso de filmes finos e membranas flexíveis
11. Amortecimento prévio	31. Uso de materiais porosos
12. Equipotencialidade	32. Mudança de cor
13. Inversão	33. Homogeneização
14. Recurvação	34. Descarte e regeneração
15. Dinamização	35. Mudança de parâmetros e propriedades
16. Ação parcial ou excessiva	36. Mudança de fase
17. Transição para nova dimensão	37. Expansão térmica
18. Vibração mecânica	38. Uso de oxidantes fortes
19. Ação periódica	39. Uso de atmosferas inertes
20. Continuidade da ação útil	40. Uso de materiais compostos

### Princípios inventivos [8]

#### 1. Segmentação ou fragmentação

- Dividir um objeto em partes independentes.
- Fazer um objeto em seções.
- Aumentar o grau de segmentação de um objeto.

#### 2. Remoção ou extração

- Extraír (remover ou separar) uma parte "perturbadora" ou propriedade de um objeto.  
ou
- Extraír apenas a parte necessária ou propriedade

### 3. Qualidade localizada

- a. Transição de uma estrutura homogênea de um objeto ou ambiente exterior / ação para uma estrutura heterogênea.
- b. Ter diferentes partes do objeto a realizar diferentes funções.
- c. Colocar cada parte do objeto sob condições mais favoráveis para a sua operação.

### 4. Assimetria

- a. Substituir uma forma simétrica com uma que é assimétrica.
- b. Se um objeto já é assimétrico, aumentar o grau de assimetria.

### 5. Consolidação

- a. Consolidar ou combinar em espaços objetos homogêneos ou objetos projetados para operação contínua.
- b. Consolidar ou combinar no tempo operações homogêneas ou continuas.

### 6. Universalização

- a. Ter o objeto a executar várias funções, eliminando assim a necessidade de qualquer outro objeto ou objetos.

### 7. Aninhamento

- a. Conter o objeto dentro de outro que, por sua vez, é colocado dentro de um terceiro objeto.
- b. Passar um objeto através de uma cavidade de um outro objeto.

### 8. Contrapeso

- a. Compensar o peso do objeto, unindo-o com outro objeto que tem uma força de elevação.
- b. Compensar o peso de um objeto por interação com um ambiente proporcionando forças aerodinâmicas ou hidrodinâmicas.

### 9. Compensação prévia

- a. Realizar uma neutralização com antecedência.
- b. Se o objeto está (ou estará) sob tensão, fornecer anti tensão antecipadamente.

### 10. Ação prévia

- a. Realizar toda ou parte da ação requerida com antecedência.
- b. Organizar os objetos para que eles possam entrar em ação numa questão pontual e de uma posição conveniente.



#### 11. Amortecimento prévio

Compensar a fiabilidade relativamente baixa de um objeto por contra medidas tomadas com antecedência.

#### 12. Equipotencialidade

Alterar as condições de trabalho de modo a que um objeto não precise de ser levantado ou baixado.

#### 13. Inversão

- a. Em vez de uma ação ditada pelas especificações do problema, implementar uma ação oposta.
- b. Fazer uma parte do objeto móvel ou do ambiente externo imóvel e da parte não móvel, móvel.
- c. Virar o objeto de cabeça para baixo.

#### 14. Recurvação

- a. Substituir peças lineares ou superfícies planas por curvas; substituir as formas cúbicas por formas esféricas.
- b. Usar rolos, bolas, ou espirais.
- c. Substituir um movimento linear por um movimento de rotação; utilizar uma força centrífuga.

#### 15. Dinamização

- a. Fazer um objeto ou seu ambiente ajustar-se automaticamente para um ótimo desempenho em cada fase da operação.
- b. Dividir um objeto em elementos que podem mudar de posição em relação de um ao outro.
- c. Se um objeto é imóvel, torná-lo móvel ou permutável.

#### 16. Ação parcial ou excessiva

Se é difícil a obtenção de 100% de um efeito desejado, alcançar um pouco mais ou menos do que este, a fim de simplificar o problema.

#### 17. Transição para nova dimensão

- a. Remover os problemas com a movimentação de um objeto numa linha através da incorporação de duas dimensões no movimento (ou seja, ao longo de um plano).
- b. Usar um conjunto de multicamadas de objetos em vez de uma única camada.
- c. Inclinar o objeto ou virá-lo de lado.

#### 18. Vibração mecânica

- a. Pôr um objeto em oscilação.
- b. Se existe oscilação, aumentar a sua frequência, mesmo tão longe quanto os ultra-sons.
- c. Utilizar a frequência de ressonância do objeto.
- d. Em vez de vibrações mecânicas, utilizar piezovibradores.

e. Usar vibrações ultra-sônicas, em conjunto com um campo eletromagnético.

#### 19. Ação periódica

- a. Substituir uma ação contínua por uma (pulsada) periódica.
- b. Se uma ação já é periódica, alterar a frequência.
- c. Usar pulsos entre impulsos para fornecer ações adicionais.

#### 20. Continuidade da ação útil

- a. Executar uma ação contínua (isto é, sem pausas), onde todas as partes de um objeto operam em plena capacidade.
- b. Remover movimentos ociosos e intermediários.

#### 21. Aceleração

Executar operações nocivas ou perigosas a uma velocidade muito elevada.

#### 22. Transformação de prejuízo em lucro

- a. Utilizam fatores prejudiciais ou efeitos ambientais para se obter um efeito positivo.
- b. Remover um fator prejudicial, combinando-a com um outro fator prejudicial.
- c. Aumentar a quantidade de ação prejudicial até que deixe de ser prejudicial.

#### 23. Retroalimentação

- a. Introdução da retroação.
- b. Se a retroação já existe, invertê-la.

#### 24. Mediação

- a. Usar um objeto intermediário para transferir ou executar uma ação.
- b. Conectar temporariamente um objeto num outro que seja fácil de remover.

#### 25. Autosserviço

- a. Fazer o objeto servir-se a ele mesmo e a realizar operações complementares e reparação.
- b. Fazer uso de material desperdiçado e de energia.

#### 26. Cópia

- a. Usar uma cópia simples e barata, em vez de um objeto que é complexo, caro, frágil ou inconveniente para operar.
- b. Substituir um objeto pela sua cópia ótica ou imagem. Uma escala pode ser usado para reduzir ou aumentar a imagem.

c. Se são utilizadas cópias óticas, substituí-las por cópias infravermelhas ou ultravioletas.

#### 27. Uso e descarte

Substituir um objeto caro por uma coleção mais barata, renunciando propriedades (por exemplo, a longevidade).

#### 28. Substituição de meios mecânicos

a. Substituir um sistema mecânico por um dispositivo ótico, acústico ou sistema olfativo (odor).

b. Utilizar um campo elétrico, magnético ou eletromagnético para a interação com o objeto.

c. Substituir os campos:

1. Campos estacionárias por campos que se deslocam.
2. Campos fixos por aqueles que mudam com o tempo.
3. Campos aleatórios por campos estruturados.

d. Usar um campo em conjunção com partículas ferromagnéticas.

#### 29. Construção pneumática ou hidráulica

Substituir peças sólidas de um objeto por gás ou líquido. Estas peças podem usar ar ou água para a insuflação, ou usar almofadas de ar ou hidrostáticas.

#### 30. Uso de filmes finos e membranas flexíveis

a. Substituir construções tradicionais pelos feitos de "conchas" flexíveis ou filmes finos.

b. Isolar um objeto do seu ambiente usando "conchas" flexíveis ou filmes finos.

#### 31. Uso de materiais porosos

a. Fazer um objeto poroso ou adicionar elementos porosos (inserções, capas, etc.).

b. Se um objeto já é poroso, preencher os poros com antecedência com alguma substância.

#### 32. Mudança de cor

a. Mudar a cor de um objeto ou os seus arredores.

b. Alterar o grau de translucidez de um objeto ou de um processo que é difícil de ver.

c. O uso de aditivos coloridos para observar um objeto ou um processo que é difícil de ver.

d. Se tais aditivos já são utilizados, usar vestígios luminescentes ou elementos traçadores.

#### 33. Homogeneização

a. Fazer os objetos interagir com um objeto primário do mesmo material, que é próximo dele no comportamento.

34. Descarte e regeneração

- a. Depois de ter concluído a sua função ou de se ter tornado inútil, rejeitar ou modificar (por exemplo, descartar, dissolver, evaporar) um elemento de um objeto.
- b. Restaurar imediatamente qualquer parte de um objeto que está esgotado ou exaurido.

35. Mudança de parâmetros e propriedades

Mudar o estado de agregação de um objeto, distribuição da densidade, do grau de flexibilidade, ou temperatura.

36. Mudança de fase

Implementar um efeito desenvolvido durante a fase de transição de uma substância, por exemplo, a libertação ou a absorção de calor que acompanha uma mudança no volume.

37. Expansão térmica

- a. Usar um material que se expande ou se contraía com o calor.
- b. Usar vários materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica.

38. Uso de oxidantes fortes

- a. Substituir o ar normal com ar enriquecido.
- b. Substituir o ar enriquecido com oxigénio.
- c. Tratar um objeto em ar ou em oxigénio com radiação ionizante.
- d. Usar o oxigénio ionizado.

39. Uso de atmosferas inertes

- a. Substituir o ambiente normal por um inerte.
- b. Realizar o processo em vácuo.

40. Uso de materiais compostos

Substituir um material homogêneo por um compósito.

Os 40 princípios inventivos dão pistas para solucionar problemas e clarificam o significado dos padrões. A maneira mais simples de usá-los consiste em examinar a lista.

## 3 Aplicações da TRIZ

### 3.1 Melhoria tecnológica funcional de um esterilizador hospitalar

A evolução ocorrida no sector dos esterilizadores ao longo do tempo levou os fabricantes a produzirem protótipos cada vez mais eficazes e com maior produtividade, de forma a responder às exigências do mercado. As últimas alterações dos esterilizadores, são resultado da filosofia que estão a tentar implementar nos hospitais, a rastreabilidade de equipamentos a usar na central de esterilização como os esterilizados, processos de esterilização, manipulação de material esterilizado e por esterilizar.

Neste caso, foi analisado um esterilizador por vapor de água de fabrico A.J.COSTA da série AMARO 5000 (Figura 3.1).



Figura 3.1 - Esterilizador antes das alterações

### **Melhoria do processo de manutenção do esterilizador**

Seguindo o fluxograma (Figura 2.2) é efetuada a análise do sistema em causa e são identificadas as contradições existentes.

O problema complexo é simplificado transformando-se em mini problema: a manutenção do esterilizador é complicada devido ao acesso aos componentes mecânicos e elétricos que se encontram por toda a máquina.

Sendo o objetivo facilitar o acesso aos componentes que requerem manutenção:

CT 1: se o acesso aos componentes mecânicos e elétricos for dificultado a manutenção torna-se mais difícil, demorada e com maiores custos associados.

CT 2: se facilitarmos o acesso aos componentes mecânicos e elétricos a manutenção será mais fácil e rápida, estando a máquina menos tempo parada, o que resulta numa menor despesa, mas para isso é necessário alterar o sistema atual.

É necessário facilitar o acesso aos componentes que requerem manutenção, tornando a operação menos demorada.

Após a definição das contradições técnicas utilizou-se a lista dos parâmetros de engenharia para identificar os parâmetros que se encontram em conflito, que neste caso são:

34- Manutenibilidade (parâmetro de engenharia a ser melhorado)

25- Perda de tempo (parâmetro de engenharia piorado)

Analisando a tabela de contradições podemos ver os princípios inventivos que correspondem a este conflito, representado na Tabela 3.1:

**Tabela 3.1 –Tabela de contradições (representação adaptada e parcial da tabela que se encontra no anexo)**

			Parâmetros de engenharia piorados		
			25- Perda de tempo	26- Quantidade de substância	27- Confiabilidade
Parâmetros de engenharia a ser melhorados	33	Conveniência de uso	4, 28, 10, 34	12, 35	17, 27, 8, 40
	34	Manutenabilidade	32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25	11, 10, 1, 16
	35	Adaptabilidade	35, 28	3, 35, 15	35, 13, 8, 24

Os princípios inventivos correspondentes aos parâmetros de engenharia manutenabilidade e perda de tempo são:

32 - Mudança de cor

Neste caso, este princípio inventivo não traz nenhum benefício.

1 - Segmentação

Dividir o esterilizador em partes independentes, seccioná-lo (inclusive para facilitar a desmontagem); aumentar o grau de segmentação.

10 - Ação prévia

Fabricar o esterilizador com os componentes que necessitem de mais manutenção, num local mais acessível.

25 - Autosserviço

Fazer com que o esterilizador execute a sua própria manutenção ou parte dela.

Examinando os princípios inventivos, a segmentação e a ação prévia são os que melhor apresentam uma solução, sendo que apenas alteram a disposição dos componentes, por um lado colocando os componentes mecânicos e elétricos em módulos (segmentação) de modo a facilitar a desmontagem, e por outro lado posicionam-se numa parte do esterilizador de acesso mais fácil (ação prévia).

Neste caso o posicionamento dos componentes mecânicos e elétricos de funcionamento do esterilizador hospitalar serão posicionados de uma forma modular na parte lateral do esterilizador de forma a facilitar a manutenção do equipamento, quer no acesso ao material que necessita de reparação como também na substituição de equipamento que não funciona corretamente, visto que serão colocados em módulos.

A Figura 3.2 mostra o novo esterilizador.



**Figura 3.2 - Esterilizador Hospitalar (depois das alterações)**

### **Melhoria do carrinho de carga de material**

Atualmente o sistema de carga de material por esterilizar e de material esterilizado é efetuado através de um carrinho de carga exterior (como mostra a Figura 3.3), que permite colocar os cestos com os instrumentos e utensílios no interior da câmara e após a esterilização, outro carrinho de carga equivalente permite retirar a plataforma de carga com os cestos e utensílios na zona limpa.



A Figura 3.3 mostra o carrinho de carga exterior antes das alterações.



**Figura 3.3 - Carrinho de carga exterior antes das alterações**

A Figura 3.4 mostra o carrinho de carga exterior + esterilizador (antes das alterações).



**Figura 3.4 - Carrinho de carga exterior + esterilizador (antes das alterações)**

Aplicando o ARIZ e seguindo o fluxograma (Figura 2.2) é efetuada a análise do sistema em causa, sendo identificadas as contradições existentes.

O problema complexo é simplificado transformando-se em mini problema: o transporte de instrumentos e utensílios, por esterilizar para a central de esterilização e o transporte de volta tem de ser feito com o mínimo de interações com o meio ambiente exterior.

Após o mini problema, identifica-se as contradições técnicas.

CT1: se os instrumentos e utensílios não forem protegidos do meio envolvente, ficam contaminados e/ou contaminam o exterior.

CT2: se os instrumentos e utensílios forem protegidos do meio envolvente, não ficam contaminados nem contaminam o exterior, mas para isso é necessário modificar o sistema.

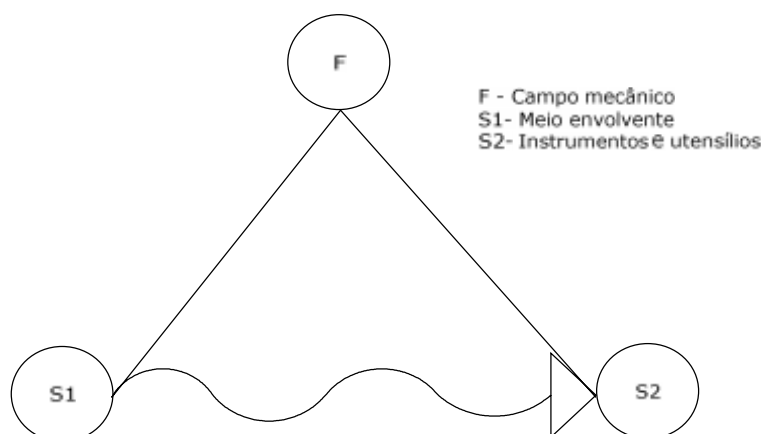
É necessário transportar o material esterilizado/contaminado com o mínimo de interações com o meio envolvente, de forma a não ser contaminado nem contaminar.

De seguida efetua-se a análise de conflitos identificando a peça e a ferramenta construindo modelos gráficos para as contradições técnicas.

Peça: instrumentos e utensílios e o meio envolvente.

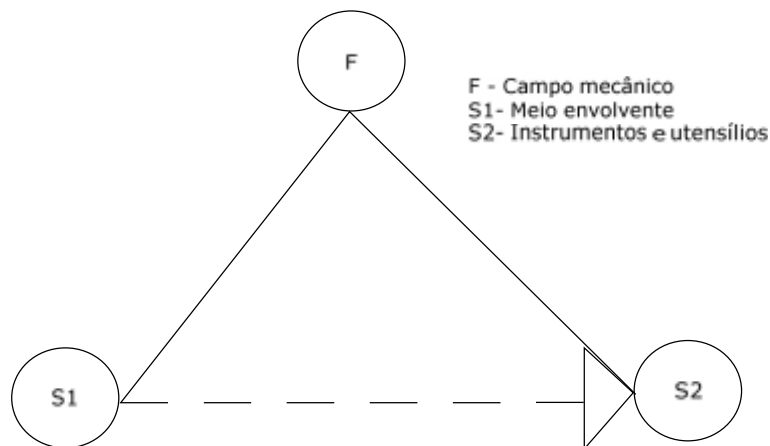
Ferramenta: transporte (mais ou menos protecção fornecida durante o transporte).

A Figura 3.5 representa a CT1 do carrinho de carga de material por esterilizar ou esterilizado.



**Figura 3.5 - CT1 do carrinho de carga de material por esterilizar ou esterilizado**

A Figura 3.6 mostra a CT2 do carrinho de carga de material por esterilizar ou esterilizado.



**Figura 3.6 - CT2 do carrinho de carga de material por esterilizar ou esterilizado**

Seleciona-se o gráfico que melhor representa o nosso objetivo, neste caso é representado através da CT2: se os instrumentos e utensílios forem protegidos do meio envolvente, não ficam contaminados nem contaminam o exterior.

Após a seleção do gráfico, reforça-se o conflito: diminuir ao máximo o contato entre os instrumentos e utensílios do meio ambiente que os rodeia, o ideal será que não haja nenhum contato entre eles para evitar contaminações de ambas as partes.

De seguida formula-se o modelo do problema.

Instrumentos e utensílios e o meio envolvente: o aumento da proteção entre o material e o meio ambiente de maneira a que não haja contato entre ambos requer mais do que o simples meio de transporte existente.

Requisito: encontrar um elemento X que proteja o material esterilizado ou a esterilizar para que não haja contato com o meio ambiente.

Chegando ao modelo do problema, escolhe-se uma ferramenta do TRIZ para encontrar uma solução do problema.

Analisando as soluções padrão e sabendo que o sistema atual é considerado insuficiente verifica-se que a solução deve estar contida na classe 2, pois esta é a classe responsável por encontrar soluções em termos de melhoramento do desempenho do sistema, assim sendo foi encontrada a solução 2.1.1.

### **Solução padrão: 2.1.1 Modelo de cadeia de substância-campo**

Se é necessário melhorar um modelo de substância-campo, o problema pode ser resolvido mediante a transformação de um elemento do modelo de substância-campo em uma forma independente-controlada do modelo substância-campo completo, e a criação de um modelo de cadeia de substância-campo. S3 ou S4, por sua vez pode ser transformado em um modelo de substância-campo completo.

Será necessário introduzir uma substância S3 de maneira a impedir o contato entre os materiais e o meio ambiente.

#### **Substância**

Material: introduzir um material de forma a envolver os instrumentos e utensílios de forma a separá-los do meio ambiente.

Ferramenta: transportador que separe os instrumentos e utensílios do meio ambiente.

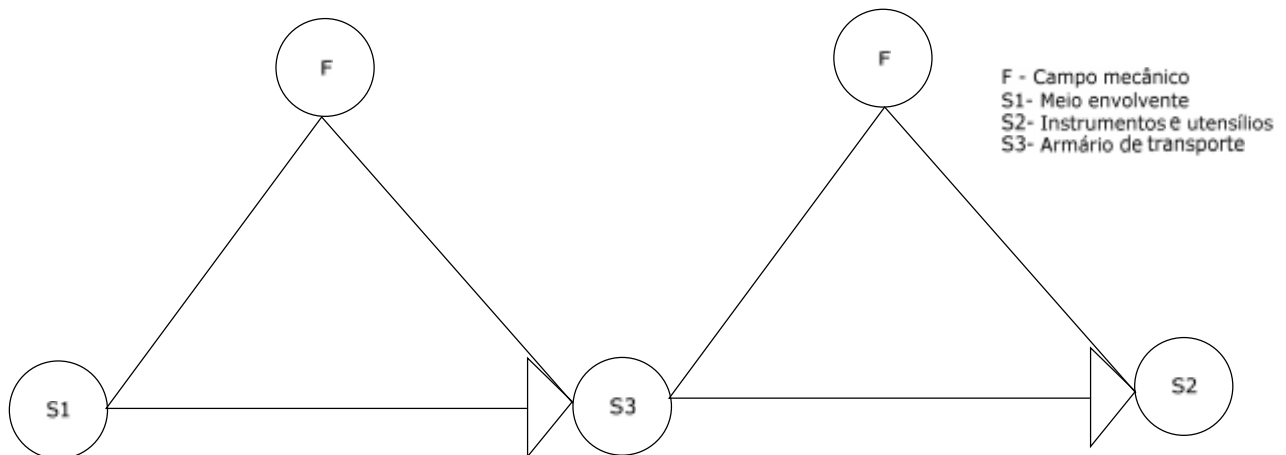
Parte: nenhuma solução encontrada nesta substância.

Pessoa: nenhuma solução encontrada nesta substância.

Ambiente: introduzir um ambiente livre de contaminações no percurso dos instrumentos e utensílios.

A solução escolhida foi alterar o sistema de carga do esterilizador hospitalar, que inicialmente era constituído por um carro de carga que apenas transportava os instrumentos e utensílios para esterilizar e após essa operação outro carrinho idêntico faria o transporte do material esterilizado, que passou a ser feito por um armário de transporte que leva o carrinho de carga no seu interior, do exterior para a central de esterilização, onde um carrinho intermédio transporta e coloca o carro que contém o material por esterilizar no interior do esterilizador, sendo este também esterilizado com os instrumentos e utensílios em conjunto. Após este processo, o carro com o material volta para o carrinho intermédio e para o armário de transporte que separa o meio ambiente do material esterilizado. Assim o material esterilizado ou por esterilizar estará sempre separado do meio envolvente, não correndo perigo de contaminar nem de ser contaminado por agentes exteriores. O armário de transporte permite a circulação do material esterilizado da central de esterilização para o exterior e com o material a esterilizar do exterior para a central de esterilização.

A Figura 3.7 representa a solução de melhoria do carrinho de carga de material.



**Figura 3.7 - Solução de melhoria do carrinho de carga de material**

Neste problema a substância S3 introduzida é o armário transportador que separa os instrumentos e utensílios do meio ambiente como mostram as Figuras 3.8 e 3.9.



**Figura 3.8 - Carrinho de carga + carrinho intermédio + armário transportador**



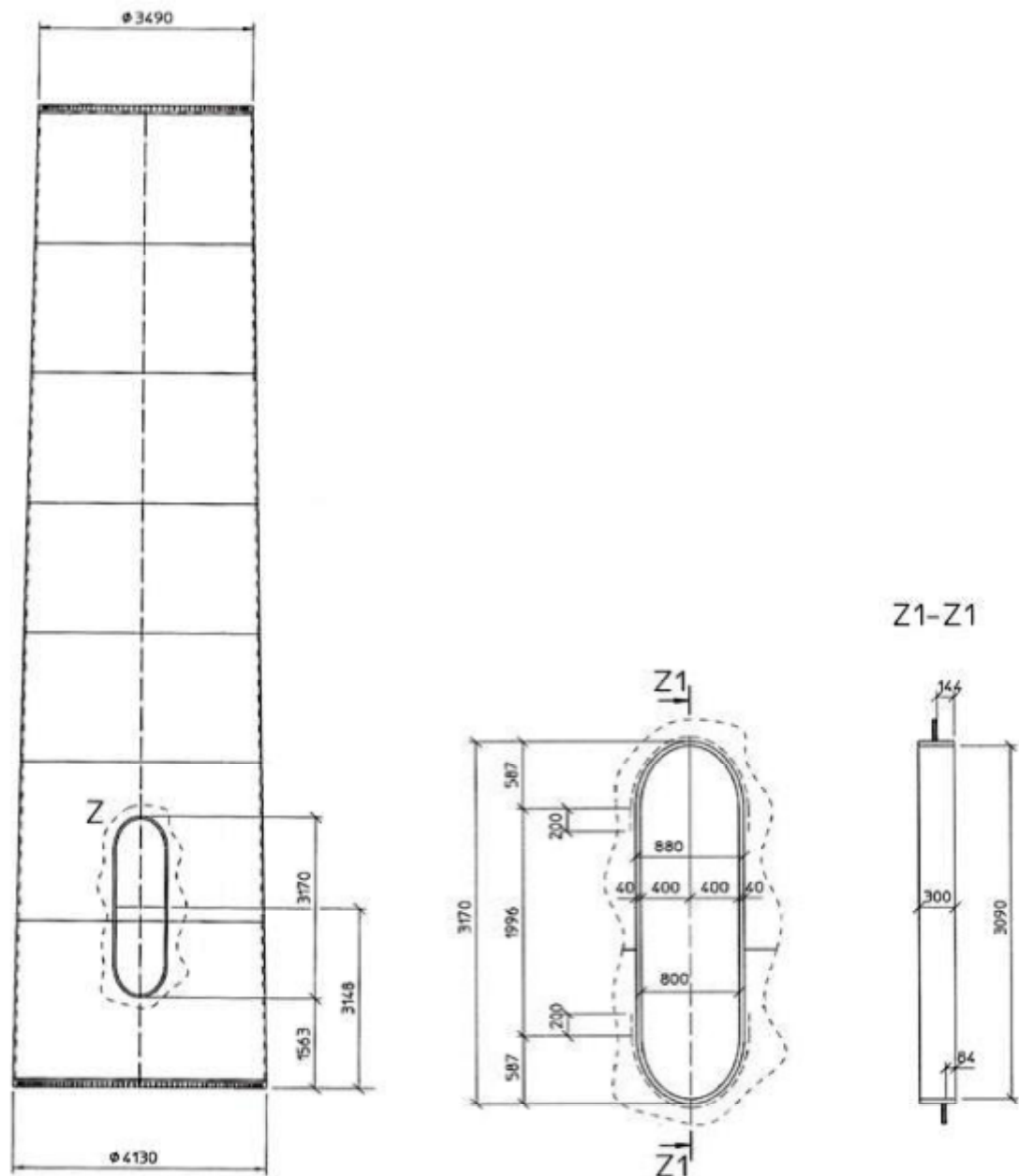
**Figura 3.9 - Armário transportador**

## **3.2 Melhoria do processo de soldadura de uma torre eólica**

Visto que a procura de energias alternativas tem vindo a aumentar nos últimos anos, também aumentou o interesse de tornar estas energias mais baratas, consequentemente tenta-se baixar os gastos na produção de torres eólicas. Um dos problemas da sua produção é o custo e o tempo que demora o processo de colocar os aros das portas das torres, nomeadamente as operações de corte e soldadura.

Para a operação de corte da geometria do aro da porta é usado um molde com a geometria pretendida e é efetuado o corte no corpo da torre eólica por oxicorte manual, este fator leva a uma produção com tolerâncias elevadas, ou seja, existem grandes diferenças entre o aro da porta e o corte feito na estrutura do corpo da eólica onde se vai encaixar o aro. Esta diferença de cotas e a preparação da junta de soldadura pouco adequada, contribuem de forma negativa no processo de soldadura, visto que com estas tolerâncias terá que ser usada uma maior quantidade de material para preencher as juntas demorando mais tempo para o fazer. [9]

A Figura 3.10 mostra o aro de uma porta colocada na torre metálica.



**Figura 3.10 - Aro da porta colocada na torre metálica (excerto de uma torre metálica) [9]**

A operação de soldadura responsável por unir os aros das portas à estrutura da torre, é feita através do processo de soldadura por Fios Fluxados exigindo dois soldadores altamente qualificados e em simultâneo, o que se traduz numa despesa muito grande e numa operação demorada, cerca de 55 horas [9].

Entre cada passagem efetuada pelos soldadores, é necessário remover a escória, e no final do processo de soldadura procede-se ao afagamento do cordão de soldadura, do lado interior e exterior da torre para evitar

concentração de tensões, sendo que a torre varia de posição ao longo do processo de soldadura, para que a operação possa ser realizada na posição ao baixo [9].

### **Melhoria do processo de soldadura**

Aplicando o ARIZ e seguindo o fluxograma da Figura 2.2 é efetuada a análise do sistema em causa, sendo identificadas as contradições existentes.

O problema complexo é simplificado transformando-se em mini problema: o processo de soldadura inclui a geração de altas temperaturas localizadas de forma a permitir a união e a adição de materiais de forma a preencher o chanfro sendo executadas várias passagens para preenchê-lo.

(O processo de soldadura por Fios Fluxados é um processo de soldadura por arco elétrico, onde a fusão dos materiais de base e de adição é obtida através do aquecimento do fio eletrodo consumível e do material base até à temperatura de fusão [10].)

As contradições técnicas identificadas são:

CT1:se aumentarmos a taxa de depósito será preciso mais calor para fundir os eletrodos, o que dificulta o trabalho dos operadores.

CT 2:se diminuirmos a taxa de depósito facilita o trabalho dos operadores mas aumenta a duração do processo de soldadura.

É necessário diminuir a duração do processo e aumentar a taxa de depósito de modo a ser preciso menos passagens, sem dificultar o trabalho dos operadores.

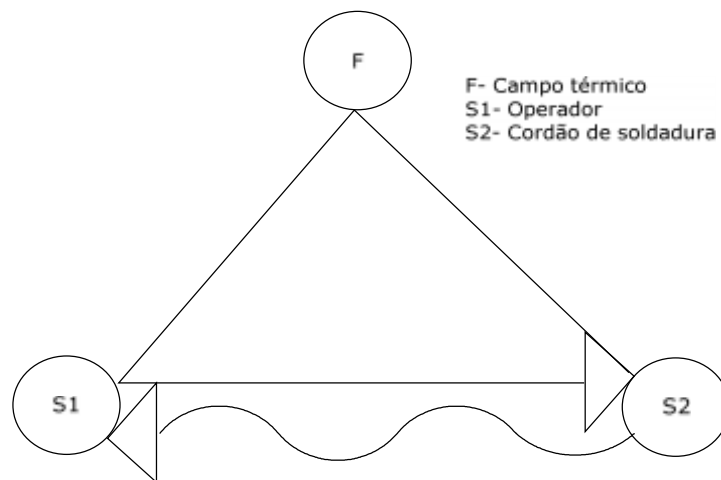
De seguida efetua-se a análise de conflitos identificando a peça e a ferramenta construindo modelos gráficos para as contradições técnicas.

Peça: duração do processo de soldadura e dificuldade do trabalho dos operadores (temperatura).

Ferramenta: taxa de depósito (aumentar ou diminuir a quantidade de material depositado).

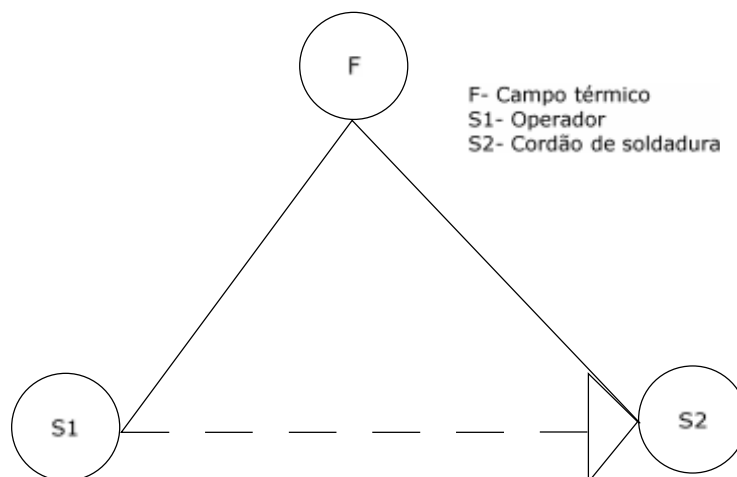


A Figura 3.11 representa a CT1 da melhoria do processo de soldadura de uma torre eólica.



**Figura 3.11 - CT1 da melhoria do processo de soldadura de uma torre eólica**

A Figura 3.12 representa a CT2 da melhoria do processo de soldadura de uma torre eólica.



**Figura 3.12 - CT2 da melhoria do processo de soldadura de uma torre eólica**

Seleciona-se o gráfico que melhor representa o nosso objetivo de tentar diminuir o tempo do processo de soldadura, que neste caso é a CT1: se aumentarmos a taxa de depósito será preciso mais calor para fundir os elétrodos, o que dificulta o trabalho dos operadores.

No problema de tentar diminuir o tempo do processo de soldadura, o objetivo principal é aumentar a taxa de depósito sendo que esta medida vai diminuir o número de passagens necessárias para completar o processo de soldadura.

Após a seleção do gráfico, reforça-se o conflito: aumentar a taxa de depósito o máximo possível (isso será aumentar o diâmetro do eletrodo até à largura do chanfro, acima disso seria desperdício de material e de energia).

De seguida formula-se o modelo do problema.

Operador e o aumento da taxa de depósito: o aumento do diâmetro dos eletrodos aumenta a taxa de depósito, mas a subida de temperatura causada pelo processo também aumenta dificultando muito o trabalho dos operadores.

Requisito: encontrar um elemento X que baixe a temperatura sentida pelos operadores para que possam trabalhar mais facilmente.

Chegando ao modelo do problema, escolhe-se uma ferramenta do TRIZ para encontrar uma solução do problema, que neste caso foi as 76 Soluções Padrão.

Analisando as soluções padrão e sabendo que o sistema que escolhemos contém algo prejudicial que deve ser eliminado, ficamos a saber que a solução deve estar contida na classe 1, visto que esta classe contém várias regras para a eliminação das interações indesejáveis, dependendo das restrições que se aplicam, assim sendo foi encontrada a solução padrão 1.2.4.

#### **Solução padrão: 1.2.4 Neutralizar uma ação prejudicial com F2**

Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de substância-campo e estas substâncias, ao contrário das soluções padrão 1.2.1 e 1.2.2, devem ser imediatamente adjacentes uma à outra, o problema pode ser resolvido através da criação de uma dupla substância-campo do modelo, em que a ação útil é executada pelo campo F1 e o segundo campo, F2, neutraliza a ação prejudicial ou transforma a ação prejudicial numa ação útil.

Assim sendo, será necessário encontrar um campo que permita efetuar o processo de soldadura com uma maior taxa de depósito sem que a temperatura resultante do processo seja sentida pelo operador.

## Campos

Mecânico: aumentar a distância do operador do processo de soldadura através da automatização ou até da robotização do processo.

Térmico: tentar baixar a temperatura sentida pelo operador através do uso de um fato térmico ventilado.

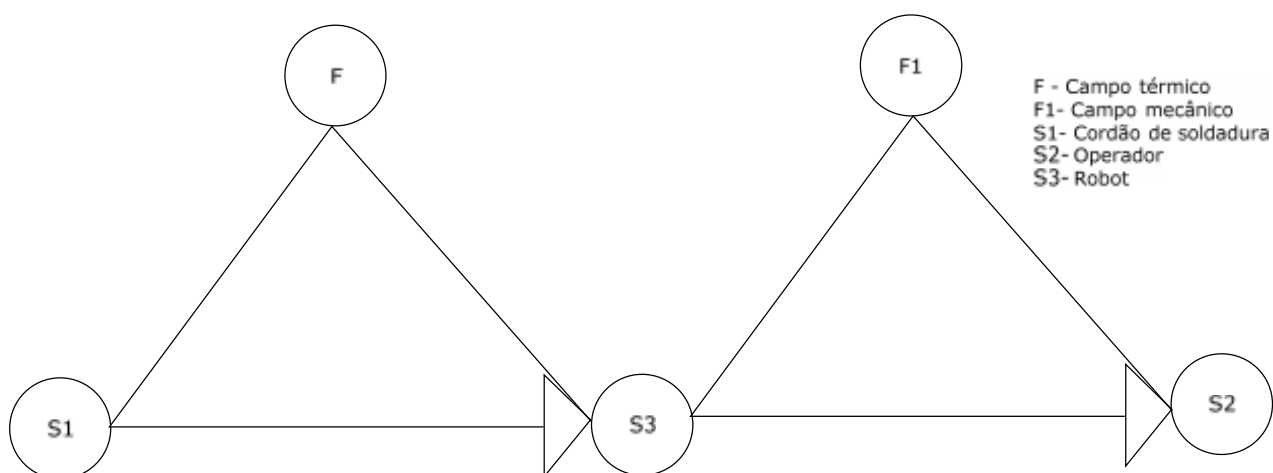
Químico: adicionar uma reação química a fim de baixar a temperatura sentida pelo operador.

Elétrico: nenhuma solução encontrada neste campo.

Magnético: nenhuma solução encontrada neste campo.

A solução escolhida foi a de usar o campo mecânico, podemos aumentar a distância do operador do processo de soldadura através da automatização ou até da robotização do processo e usar elétrodos com um diâmetro maior, conseguindo assim uma maior taxa de deposição diminuindo o número de passagens necessárias que o soldador teria de fazer para preencher o chanfro para menos de metade. O problema é o aumento de calor libertado durante a operação de soldadura, que foi resolvido mecanizando o processo, assim sendo o operador terá a sua tarefa facilitada.

A Figura 3.13 representa a solução de melhoria do processo de soldadura de uma torre eólica.



**Figura 3.13 - Solução de melhoria do processo de soldadura de uma torre eólica**

### 3.3 Melhoria da imagem da Manutenção Preditiva

Atualmente a manutenção na indústria toma um lugar de grande relevo, não só pela sua importante função, a de manter todos os equipamentos a funcionar, como também os seus custos associados que não passam despercebidos. É com esse intuito que a empresa SIEPI (Sociedade Industrial de Equipamentos Para a Indústria) quer entrar no mercado da manutenção preditiva, mas para isso quer tornar a sua implementação mais atrativa de forma a fazer concorrência a outras empresas.

Fez-se a análise através da metodologia TRIZ, de forma a arranjar solução para tornar a implementação da manutenção preditiva mais atrativa, pois é mais cara do que a manutenção correctiva ou preventiva, no investimento inicial, devido à aquisição e instalação de equipamentos necessários, como por exemplo sensores, necessitando para isso também de uma mão de obra com elevada qualificação e experiência.

A análise foi feita focando-se na diminuição dos seus custos iniciais nomeadamente na mão de obra e na aquisição de equipamento necessário ao seu funcionamento, embora a manutenção preditiva tenha mais custos associados.

#### **Diminuição dos custos de Mão de obra**

Aplicando o ARIZ e seguindo o fluxograma da Figura 2.2 é efetuada a análise do sistema em causa, sendo identificadas as contradições existentes.

O problema complexo é simplificado transformando-se em mini problema: a manutenção preditiva necessita da mão de obra com elevada qualificação e experiência mas este fator encarece e desmotiva a implementação da manutenção preditiva nas empresas.

Identificam-se as contradições técnicas:

CT1: se diminuirmos os custos de mão de obra especializada na manutenção preditiva (ou seja, diminuirmos o número de trabalhadores), ficará mais atrativa a sua implementação em termos de custos iniciais, embora não seja tão eficaz.

CT2: se aumentarmos os custos de mão de obra especializada na manutenção preditiva (ou seja, aumentarmos o número de trabalhadores), ficará menos atrativa a sua implementação, mas será eficaz e com isso será reduzido alguns dos custos, nomeadamente os de paragens de máquinas por avaria.

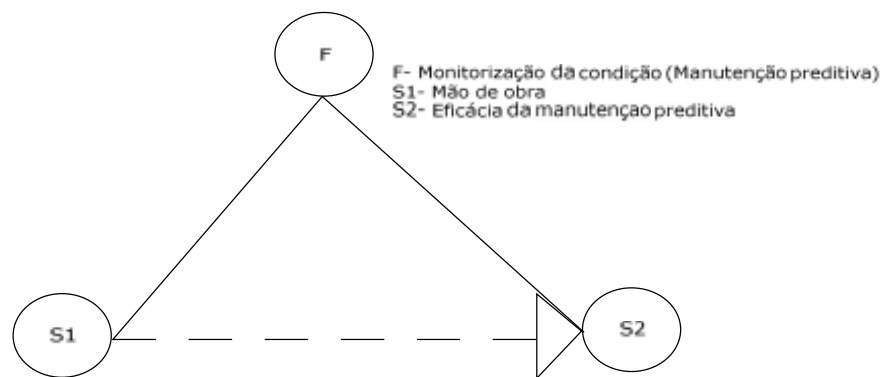
Será necessário diminuirmos os custos com a mão de obra associada à manutenção preditiva, pois a sua implementação requer pessoal especializado, tanto na sua instalação como na sua aplicação, tendo em conta um número mínimo de trabalhadores necessários para que a manutenção preditiva funcione.

De seguida efetua-se a análise de conflitos identificando a peça e a ferramenta, construindo também modelos gráficos para as contradições técnicas.

Peça: custos de mão de obra especializada e atratividade da implementação da manutenção preditiva (eficácia da aplicação da manutenção preditiva)

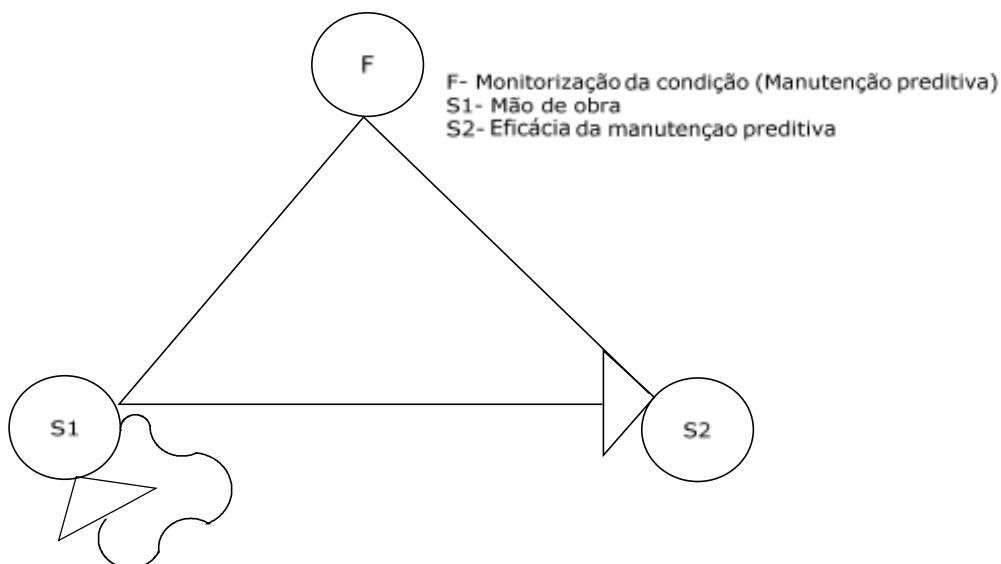
Ferramenta: manutenção preditiva (implementação mais cara ou mais barata)

A Figura 3.14 representa a CT1 da diminuição dos custos de mão de obra na manutenção preditiva.



**Figura 3.14 - CT1 Manutenção Preditiva: diminuição dos custos de mão de obra**

A Figura 3.15 representa a CT2 da diminuição dos custos de mão de obra na manutenção preditiva.



**Figura 3.15 - CT2 Manutenção Preditiva: diminuição dos custos de mão de obra**

Seleciona-se o gráfico que melhor representa o nosso objetivo que neste caso é representado através da CT1, porque se tivermos pouca mão de obra associada à manutenção preditiva, ela pode não funcionar (não será eficaz), embora a sua implementação fique mais atrativa em termos de custos iniciais. Se tivermos muita mão de obra associada à manutenção preditiva, os custos da sua implementação subirão e ficaria assim menos atrativa, e os seus serviços não serão necessários a toda a hora, dependendo também do tamanho da empresa, por isso foi escolhida a CT1.

Após a seleção do gráfico, reforça-se o conflito: diminuir o custo de mão de obra o máximo possível, ou seja passar à inexistência de trabalhadores especializados.

De seguida formula-se o modelo do problema.

Inexistência de mão de obra especializada e seus custos: os custos tal como a mão de obra seriam ambos inexistentes, porém a implementação da manutenção preditiva não seria possível.

Requisito: encontrar um elemento X que possibilite a implementação da manutenção preditiva com a mão de obra a um preço mais baixo, visto que o objetivo será diminuir os custos.

Chegando ao modelo do problema, escolhe-se uma ferramenta do TRIZ para encontrar uma solução do problema. Neste caso usou-se as 76 soluções padrão e verificou-se que a solução estaria contida na classe 2, pois esta é a classe responsável por encontrar soluções em termos de melhoramento do desempenho do sistema, assim sendo foi encontrada a solução padrão 2.2.2.

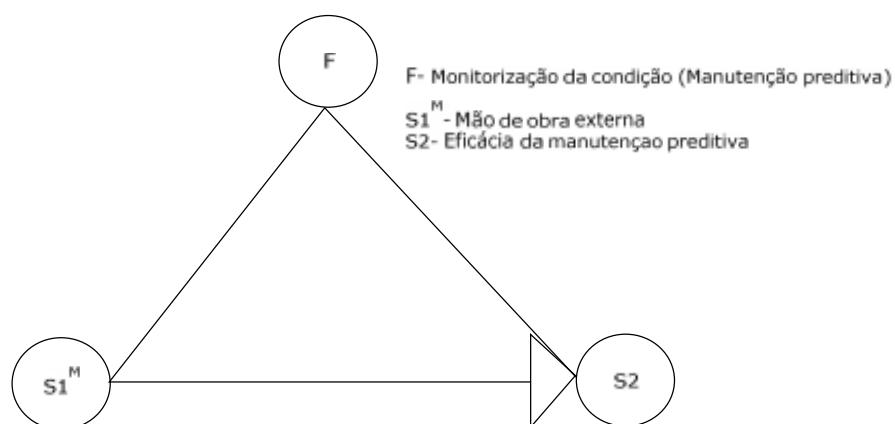
### **Solução padrão: 2.2.2 Fragmentação de S2**

Um modelo de substância-campo pode ser melhorado através do aumento do grau de fragmentação da substância utilizada como uma ferramenta.

Uma boa solução será subcontratar o serviço de manutenção preditiva, sairia mais barato pois apenas seriam necessários os seus serviços periodicamente e de forma programada para fazerem as análises às máquinas, enquanto se a empresa tivesse pessoal especializado ele não teria trabalho a toda a hora e isso não seria produtivo demonstrando desperdício de recursos, considerando que a empresa é pequena pois é este o cliente que tem mais dúvidas em implementar a manutenção preditiva. Para a empresa vendedora do equipamento

será benéfico ter a sua própria mão de obra especializada em manutenção preditiva e prestar este serviço a outras empresas, principalmente às empresas a que vende os instrumentos e ferramentas pois a sua equipa estará familiarizada com o próprio equipamento e cada trabalhador especializada terá uma grande produtividade pois serão várias as empresas a requisitarem o serviço.

A Figura 3.16 representa a solução para a diminuição dos custos de mão de obra na manutenção preditiva.



**Figura 3.16 - Solução para a diminuição dos custos de mão de obra na manutenção preditiva**

Considerando S1 mão de obra tanto externa como interna a  $S2^M$  representa só a mão de obra externa.

### **Diminuição dos custos das Ferramentas e Instrumentos**

Aplicando o ARIZ e seguindo o fluxograma da Figura 2.2 é efetuada a análise do sistema em causa, sendo identificadas as contradições existentes.

O problema complexo é simplificado transformando-se em mini problema: a manutenção preditiva necessita das ferramentas e instrumentos próprios para o seu bom funcionamento, mas este fator encarece e desmotiva a implementação da manutenção preditiva nas empresas.

Após o mini problema, identificam-se as contradições técnicas:

CT1: se diminuirmos os custos das ferramentas e instrumentos na manutenção preditiva, ficará mais atrativa a sua implementação, embora as ferramentas e os instrumentos mais baratos por norma apresentam menor fiabilidade (maior probabilidade de falha).

CT2: se aumentarmos os custos das ferramentas e instrumentos, a implementação da manutenção preditiva torna-se menos atrativa, mas as ferramentas e os instrumentos por norma apresentam um nível de confiabilidade maior.

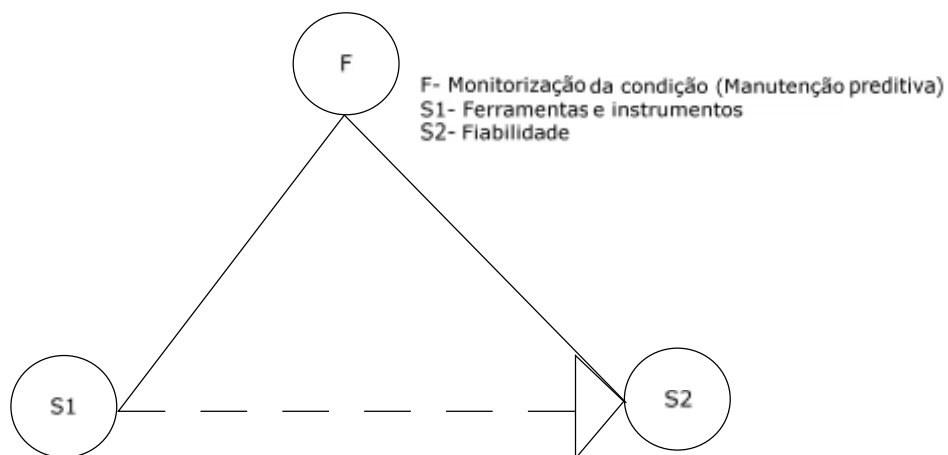
É necessário diminuir os custos das ferramentas e instrumentos, e aumentar a sua fiabilidade.

De seguida efetua-se a análise de conflitos identificando a peça e a ferramenta construindo também modelos gráficos para as contradições técnicas.

Peça: custo das ferramentas e instrumentos e fiabilidade

Ferramenta: manutenção preditiva (implementação mais cara ou mais barata)

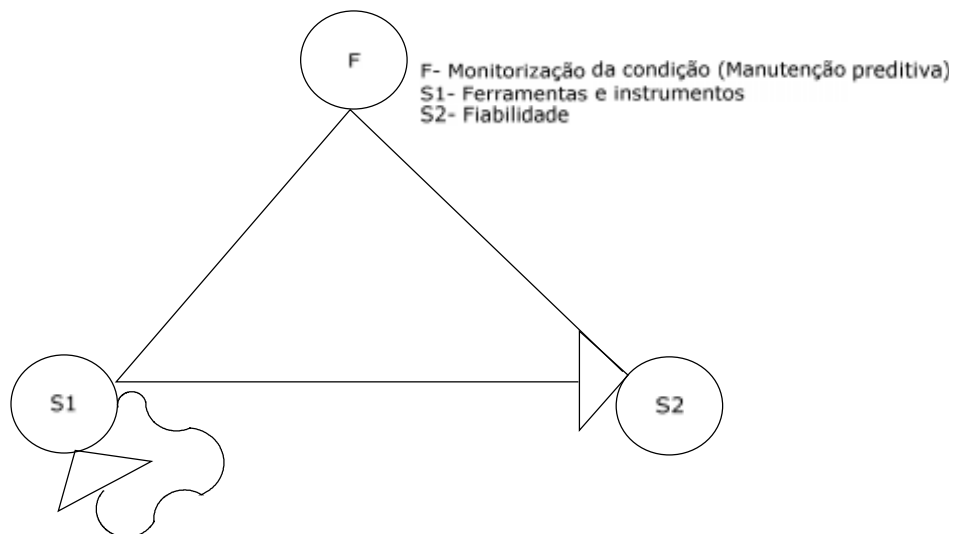
A Figura 3.17 representa a CT1 da diminuição dos custos das ferramentas e instrumentos na manutenção preditiva.



**Figura 3.17 - CT1 Manutenção Preditiva: diminuição dos custos das ferramentas e instrumentos**



A Figura 3.18 representa a CT2 da diminuição dos custos das ferramentas e instrumentos na manutenção preditiva.



**Figura 3.18 – CT2 Manutenção Preditiva: diminuição dos custos das ferramentas e instrumentos**

Seleciona-se o gráfico que melhor representa o nosso objetivo, neste caso é representado através da CT1, pois a nossa meta principal será tornar a implementação da manutenção preditiva mais atrativa, ou seja tornar os custos iniciais o mais baixo possível.

Após a seleção do gráfico, reforça-se o conflito: tornar o custo das ferramentas e instrumentos nulo (ou o mais barato possível).

De seguida formula-se o modelo do problema.

Ferramentas e instrumentos e seus custos: ao adquirir ferramentas e instrumentos mais baratos para a manutenção preditiva, ficará mais atrativa a sua implementação, embora as ferramentas e os instrumentos mais baratos por norma apresentam menor fiabilidade (maior probabilidade de falha).

Requisito: encontrar um elemento X que possibilite a implementação da manutenção preditiva a custo zero, ou a um preço mais baixo, visto que o objetivo será diminuir os custos, sem diminuir a fiabilidade do processo.

Chegando ao modelo do problema, analisou-se a ferramenta do TRIZ, as 76 soluções padrão e verificou-se que a solução deveria estar contida na classe 3, pois é esta a classe responsável por encontrar soluções que continuam na direção (iniciada na classe 2) do melhoramento dos modelos substância-campo, baseado nos padrões de evolução dos sistemas tecnológicos, assim sendo foi encontrada a solução 3.1.1 – Sistema de transição 1a: a criação de bi-sistemas e poli-sistemas.

#### **Solução padrão: 3.1.1 Sistema de transição 1a: a criação de bi-sistemas e poli-sistemas**

O desempenho do sistema, em qualquer fase da evolução pode ser reforçado por transição do sistema 1-a: combinando o sistema com um outro sistema(s), construindo assim um bi-sistema ou poli-sistema complexo.

A solução encontrada foi utilizar ferramentas e instrumentos mais baratos, mas para aumentar a fiabilidade deve-se usar dois ou mais exemplares quando possível ao mesmo tempo. Por exemplo, na medição de valores pode-se usar dois aparelhos independentes um do outro e verificar os valores, se forem muito distintos é porque um dos aparelhos está a funcionar mal, e assim se aumenta a fiabilidade do processo de medição.

## 4 Discussão de Resultados e Conclusão

O trabalho desenvolvido nesta tese centrou-se na utilização de algumas ferramentas da metodologia TRIZ, nomeadamente o ARIZ, a Matriz de Contradições, as 76 Soluções Padrão e a Análise Substância-Campo, nas quais se verificou a sua grande importância na resolução de problemas e o seu contributo a nível empresarial, nomeadamente colocando quem usa esta metodologia em constante inovação, atingindo soluções criativas tornando-os mais competitivos no mercado.

Do ponto de vista pessoal este trabalho abriu novas formas de ver e resolver problemas na indústria, nomeadamente é uma metodologia que nos ajuda a simplificar os problemas com os quais as empresas se debatem todos os dias e é cada vez mais importante saber como resolvê-los.

Os objetivos da dissertação foram todos atingidos, o aprofundar de conhecimentos relativos à metodologia TRIZ e às suas ferramentas analíticas principais e foram estudados vários casos a nível empresarial de situações reais problemáticas, tanto relacionadas com o desenvolvimento e melhoria do produto como também de processos industriais e de procedimentos organizacionais.

As vantagens encontradas nesta metodologia foi a sua grande simplicidade de aplicação, obtendo soluções criativas e inovadoras sendo que a sua área de aplicação não tem qualquer limite, pois pode-se aplicar a metodologia TRIZ em qualquer ramo de atividade e área funcional dentro de organizações partindo das suas soluções padrão genéricas.

A limitação principal das ferramentas da TRIZ é a dificuldade de passar de soluções padrão genéricas para soluções concretas para cada caso específico. Na Matriz de Contradições nota-se alguma desatualização em relação a novas tecnologias, embora tenha havido várias tentativas posteriores de atualização, ainda nenhuma teve sucesso entre os utilizadores da metodologia TRIZ.

Porém este método como modo de estar em organizações apoia-se na busca da melhoria continua e é sempre de grande utilidade para as empresas.

O estudo efetuado pode ser continuado e desenvolvido na direção da aplicação de mais ferramentas da metodologia TRIZ, na aplicação conjunta das técnicas da metodologia TRIZ com outras metodologias como são exemplos o LEAN e o 6 SIGMA, e dando maior ênfase à divulgação da TRIZ no país entre as empresas industriais.

## 5 Bibliografia

- [1] Domb, E. How to Help TRIZ Beginners Succeed, <http://www.triz-journal.com/archives/1997/04/a/index.html>
- [2] Helena V. G. Navas, Teoria da Resolução dos Problemas de Invenção (TRIZ), FCT-UNL, 2010/2011
- [3] Genrich S. Altshuller, Tools of Classical TRIZ, Ideation International Inc., 1999
- [4] Ellen Domb, Kalevi Rantanen, "TRIZ Simplificado: Nuevas Aplicaciones de Resolución de Problemas para Ingeniería y Fabricación", Ed. TORCULO EDICIONES, S.L., 2010.
- [5] Mao X., Zhang X., Rizk S., Generalized Solutions for Su-Field Analysis, The TRIZ Journal, August 2007.
- [6] Helena V. G. Navas, TRIZ: Design Problem Solving with Systematic Innovation, Advances in Industrial Design Engineering, Prof. Denis Coelho (Ed.), ISBN: 978-953-51-1016-3, InTech, DOI: 10.5772/55979. Available from: <http://www.intechopen.com/books/advances-in-industrial-design-engineering/triz-design-problem-solving-with-systematic-innovation>, 2013
- [7] Marco A. de Carvalho, Inovação em Produtos: IDEATRIZ , uma aplicação da TRIZ / inovação sistemática na ideação de produtos, Editora Edgard Blucher LTDA, 2011
- [8] Retseptor G.. 40 Inventive Principles in Quality Management. [Online] Available: <http://www.triz-journal.com/archives/2003/03/a/01.pdf>, 2003; retrieved on 10, Feb, 2011.
- [9] João Miguel Palmeiro Marrazes, Automatização do Processo de Soldadura dos Aros das Portas das Torres Eólicas [dissertação]. Lisboa: FCT–UNL, 2011.
- [10] Rosa Miranda, Apontamentos aulas Tecnologia Mecânica I, 2008.

## 6 Anexo

Nesta secção encontra-se a Matriz de Contradições, dividida em cinco tabelas.

		Parâmetros de engenharia piorados								Princípios inventivos	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Parâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso do objeto em movimento	-	-	15, 8, 29, 34	-	29, 17, 38, 34	-	29, 2, 40, 28	-	1 Segmentação ou fragmentação
	2	Peso do objeto parado	-	-	-	10, 1, 29, 35	-	35, 30, 13, 2	-	5, 35, 14, 2	2 Remoção ou extração
	3	Comprimento do objeto em movimento	15, 8, 29, 34	-	-	-	15, 17, 4	-	7, 17, 4, 35	-	3 Qualidade localizada
	4	Comprimento do objeto parado	-	35, 28, 40, 29	-	-	-	17, 7, 10, 40	-	35, 8, 2, 14	4 Assimetria
	5	Área do objeto em movimento	2, 17, 29, 4	-	14, 15, 18, 4	-	-	-	7, 14, 17, 4	-	5 Consolidação
	6	Área do objeto parado	-	30, 2, 14, 18	-	26, 7, 9, 39	-	-	-	-	6 Universalização
	7	Volume do objeto em movimento	2, 26, 29, 40	-	1, 7, 35, 4	-	1, 7, 4, 17	-	-	-	7 Aninhamento
	8	Volume do objeto parado	-	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14	-	-	-	-	8 Contrapeso
	9	Velocidade	2, 28, 13, 38	-	13, 14, 8	-	29, 30, 34	-	7, 29, 34	-	9 Compensação prévia
	10	Força	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 1	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	10 Ação prévia
	11	Tensão ou pressão	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	10, 15, 36, 37	6, 35, 10	35, 34	11 Amortecimento prévio
	12	Forma	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10	-	14, 4, 15, 22	7, 2, 35	12 Equipotencialidade
	13	Estabilidade da composição	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	13 Inversão
	14	Resistência	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15	14 Recurvação
	15	Duração da ação do objeto em movimento	19, 5, 34, 31	-	2, 19, 9	-	3, 17, 19	-	10, 2, 19, 30	-	15 Dinamização
	16	Duração da ação do objeto parado	-	6, 27, 19, 16	-	1, 40, 35	-	-	-	35, 34, 38	16 Ação parcial ou excessiva
	17	Temperatura	36, 22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	35, 6, 4	17 Transição para nova dimensão
	18	Brilho	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16	-	19, 32, 26	-	2, 13, 10	-	18 Vibração mecânica
	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	12, 18, 28, 31	-	12, 28	-	15, 19, 25	-	35, 13, 18	-	19 Ação periódica
	20	Energia gasta pelo objeto parado	-	19, 9, 6, 27	-	-	-	-	-	-	20 Continuidade da ação útil
	21	Potência	8, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37	-	19, 38	17, 32, 13, 38	35, 6, 38	30, 6, 25	21 Aceleração
	22	Perda de energia	15, 6, 19, 28	19, 6, 18, 9	7, 2, 6, 13	6, 38, 7	15, 26, 17, 30	17, 7, 30, 18	7, 18, 23	7	22 Transformação de prejuízo em lucro
	23	Perda de substância	35, 6, 23, 40	35, 6, 22, 32	14, 29, 10, 39	10, 28, 24	35, 2, 10, 31	10, 18, 39, 31	1, 29, 30, 36	3, 39, 18, 31	23 Retroalimentação
	24	Perda de informação	10, 24, 35	10, 35, 5	1, 26	26	30, 26	30, 16	-	2, 22	24 Mediação
	25	Perda de tempo	10, 20, 37, 35	10, 20, 26, 5	15, 2, 29	30, 24, 14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35, 17, 4	2, 5, 34, 10	35, 16, 32, 18	25 Auto-serviço
	26	Quantidade de substância	35, 6, 18, 31	27, 26, 18, 35	29, 14, 35, 18	-	15, 14, 29	2, 18, 40, 4	15, 20, 29	-	26 Cópia
	27	Confiabilidade	3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	3, 10, 14, 24	2, 35, 24	27 Uso e descarte
	28	Precisão de medição	32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 26, 5, 16	32, 28, 3, 16	26, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	32, 13, 6	-	28 Substituição de meios mecânicos
	29	Precisão de fabricação	28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	2, 32, 10	28, 33, 29, 32	2, 29, 18, 36	32, 28, 2	25, 10, 35	29 Construção pneumática ou hidráulica
	30	Fatores externos indesejados atuando no objeto	22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 39, 35	22, 23, 37, 35	34, 39, 19, 27	30 Uso de filmes finos e membranas flexíveis
	31	Fatores indesejados causados pelo objeto	19, 22, 15, 39	35, 22, 1, 39	17, 15, 16, 22	-	17, 2, 18, 39	22, 1, 40	17, 2, 40	30, 18, 35, 4	31 Uso de materiais porosos
	32	Manufaturabilidade	28, 29, 15, 16	1, 27, 36, 13	1, 29, 13, 17	15, 17, 27	13, 1, 26, 12	16, 4	13, 29, 1, 40	35	32 Mudança de cor
	33	Conveniência de uso	25, 2, 13, 15	6, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12	-	1, 17, 13, 16	18, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	4, 18, 31, 39	33 Homogeneização
	34	Mantenabilidade	2, 27, 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 32, 13	16, 25	25, 2, 35, 11	1	34 Descarte e regeneração
	35	Adaptabilidade	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29	-	35 Mudança de parâmetros e propriedades
	36	Complexidade do objeto	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 26, 6	1, 16	36 Mudança de fase
	37	Complexidade de controle	27, 26, 28, 13	6, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 18, 26, 31	37 Expansão térmica
	38	Nível de automação	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 28, 17	23	17, 14, 13	-	35, 13, 16	-	38 Uso de oxidantes fortes
	39	Capacidade ou produtividade	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	2, 6, 34, 10	35, 37, 10, 2	39 Uso de atmosferas inertes
											40 Uso de materiais compostos

		Parâmetros de engenharia piorados								Princípios inventivos		
		9	10	11	12	13	14	15	16			
Parâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso do objeto em movimento	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35	-	1	Segmentação ou fragmentação
	2	Peso do objeto parado	-	8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40	28, 2, 10, 27	-	2, 27, 19, 6	2	Remoção ou extração
	3	Comprimento do objeto em movimento	13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34	19	-	3	Qualidade localizada
	4	Comprimento do objeto parado	-	28, 1	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35	15, 14, 28, 26	-	1, 40, 35	4	Assimetria
	5	Área do objeto em movimento	29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14	6, 3	-	5	Consolidação
	6	Área do objeto parado	-	1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37	-	2, 38	40	-	2, 10, 19, 30	6	Universalização
	7	Volume do objeto em movimento	29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7	6, 35, 4	-	7	Aninhamento
	8	Volume do objeto parado	-	2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15	-	35, 34, 38	8	Contrapeso
	9	Velocidade	-	13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	28, 33, 1, 18	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5	-	9	Compensação prévia
	10	Força	13, 28, 15, 12	-	18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 21	35, 10, 14, 27	19, 2	-	10	Ação prévia
	11	Tensão ou pressão	6, 35, 36	36, 35, 21	-	35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	9, 18, 3, 40	19, 3, 27	-	11	Amortecimento prévio
	12	Forma	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14	-	33, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25	-	12	Equipotencialidade
	13	Estabilidade da composição	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4	-	17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23	13	Inversão
	14	Resistência	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40	13, 17, 35	-	27, 3, 26	-	14	Recurvação
	15	Duração da ação do objeto em movimento	3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27	14, 26, 28, 25	13, 3, 35	27, 3, 10	-	-	15	Dinamização
	16	Duração da ação do objeto parado	-	-	-	-	39, 3, 35, 23	-	-	-	16	Ação parcial ou excessiva
	17	Temperatura	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 2	14, 22, 19, 32	1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40	17	Transição para nova dimensão
	18	Brilho	10, 13, 19	26, 19, 6	-	32, 30	32, 3, 27	35, 19	2, 19, 6	-	18	Vibração mecânica
	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	8, 15, 35	16, 26, 21, 2	23, 14, 25	12, 2, 29	19, 13, 17, 24	5, 19, 9, 35	28, 35, 6, 18	-	19	Ação periódica
	20	Energia gasta pelo objeto parado	-	36, 37	-	-	27, 4, 29, 18	35	-	-	20	Continuidade da ação útil
	21	Potência	15, 35, 2	26, 2, 36, 35	22, 10, 35	29, 14, 2, 40	35, 32, 15, 31	26, 10, 28	19, 35, 10, 38	16	21	Aceleração
	22	Perda de energia	16, 35, 38	36, 38	-	-	14, 2, 39, 6	26	-	-	22	Transformação de prejuízo em lucro
	23	Perda de substância	10, 13, 28, 38	14, 15, 18, 40	3, 36, 37, 10	29, 35, 3, 5	2, 14, 30, 40	35, 28, 31, 40	28, 27, 3, 18	27, 16, 18, 38	23	Retroalimentação
	24	Perda de informação	26, 32	-	-	-	-	-	10	10	24	Mediação
	25	Perda de tempo	-	10, 37, 36, 5	37, 36, 4	4, 10, 34, 17	35, 3, 22, 5	29, 3, 28, 18	20, 10, 28, 18	28, 20, 10, 16	25	Auto-serviço
	26	Quantidade de substância	35, 29, 34, 28	35, 14, 3	10, 36, 14, 3	35, 14	15, 2, 17, 40	14, 35, 34, 10	3, 35, 10, 40	3, 35, 31	26	Cópia
	27	Confiabilidade	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3	10, 24, 35, 19	35, 1, 16, 11	-	11, 28	2, 35, 3, 25	34, 27, 6, 40	27	Uso e descarte
	28	Precisão de medição	28, 13, 32, 24	32, 2	6, 28, 32	6, 28, 32	32, 35, 13	28, 6, 32	28, 6, 32	10, 26, 24	28	Substituição de meios mecânicos
	29	Precisão de fabricação	10, 28, 32	28, 19, 34, 36	3, 35	32, 30, 40	30, 18	3, 27	3, 27, 40	-	29	Construção pneumática ou hidráulica
	30	Fatores externos indesejados atuando no objeto	21, 22, 35, 28	13, 35, 39, 18	22, 2, 37	22, 1, 3, 35	35, 24, 30, 18	18, 35, 37, 1	22, 15, 33, 28	17, 1, 40, 33	30	Uso de filmes finos e membranas flexíveis
	31	Fatores indesejados causados pelo objeto	35, 28, 3, 23	35, 28, 1, 40	2, 33, 27, 18	35, 1	35, 40, 27, 39	15, 35, 22, 2	15, 22, 33, 31	21, 39, 16, 22	31	Uso de materiais porosos
	32	Manufaturabilidade	35, 13, 8, 1	35, 12	35, 19, 1, 37	1, 28, 13, 27	11, 13, 1	1, 3, 10, 32	27, 1, 4	35, 16	32	Mudança de cor
	33	Conveniência de uso	18, 13, 34	28, 13, 35	2, 32, 12	15, 34, 29, 28	32, 35, 30	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25	33	Homogeneização
	34	Mantenabilidade	34, 9	1, 11, 10	13	1, 13, 2, 4	2, 35	1, 11, 2, 9	11, 29, 28, 27	1	34	Descarte e regeneração
	35	Adaptabilidade	35, 10, 14	15, 17, 20	35, 16	15, 37, 1, 8	35, 30, 14	35, 3, 32, 6	13, 1, 35	2, 16	35	Mudança de parâmetros e propriedades
	36	Complexidade do objeto	34, 10, 28	26, 16	19, 1, 35	29, 13, 28, 15	2, 22, 17, 19	2, 13, 28	10, 4, 28, 15	-	36	Mudança de fase
	37	Complexidade de controle	3, 4, 16, 35	36, 28, 40, 19	35, 36, 37, 32	27, 13, 1, 39	11, 22, 39, 30	27, 3, 15, 28	19, 29, 25, 39	25, 34, 6, 35	37	Expansão térmica
	38	Nível de automação	28, 10	2, 35	13, 35	15, 32, 1, 13	18, 1	25, 13	6, 9	-	38	Uso de oxidantes fortes
	39	Capacidade ou produtividade	-	28, 15, 10, 36	10, 37, 14	14, 10, 34, 40	35, 3, 22, 39	29, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	20, 10, 16, 38	39	Uso de atmosferas inertes
	40										40	Uso de materiais compostos

		Parâmetros de engenharia piorados								Princípios inventivos	
		17	18	19	20	21	22	23	24		
Parâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso do objeto em movimento	6, 29, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31	-	12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35	1 Segmentação ou fragmentação
	2	Peso do objeto parado	28, 19, 32, 22	35, 19, 32	-	18, 19, 28, 1	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	2 Remoção ou extração
	3	Comprimento do objeto em movimento	10, 15, 19	32	8, 35, 24	-	1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24	3 Qualidade localizada
	4	Comprimento do objeto parado	3, 35, 38, 18	3, 25	-	-	12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26	4 Assimetria
	5	Área do objeto em movimento	2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32	-	19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26	5 Consolidação
	6	Área do objeto parado	35, 39, 38	-	-	-	17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16	6 Universalização
	7	Volume do objeto em movimento	34, 39, 10, 18	10, 13, 2	35	-	35, 6, 13, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22	7 Aninhamento
	8	Volume do objeto parado	35, 6, 4	-	-	-	30, 6	-	10, 39, 35, 34	-	8 Contrapeso
	9	Velocidade	28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38	-	19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	10, 13, 28, 38	13, 26	9 Compensação prévia
	10	Força	35, 10, 21	-	19, 17, 10	1, 16, 36, 37	19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5	-	10 Ação prévia
	11	Tensão ou pressão	35, 39, 19, 2	-	14, 24, 10, 37	-	10, 35, 14	2, 36, 25	10, 36, 37	-	11 Amortecimento prévio
	12	Forma	22, 14, 19, 32	13, 15, 32	2, 6, 34, 14	-	4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5	-	12 Equipotencialidade
	13	Estabilidade da composição	35, 1, 32	32, 3, 27, 15	13, 19	27, 4, 29, 18	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40	-	13 Inversão
	14	Resistência	30, 10, 40	35, 19	19, 35, 10	35	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40	-	14 Recurvação
	15	Duração da ação do objeto em movimento	19, 35, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18	-	19, 10, 35, 38	-	28, 27, 3, 18	10	15 Dinamização
	16	Duração da ação do objeto parado	19, 18, 36, 40	-	-	-	16	-	27, 16, 18, 38	10	16 Ação parcial ou excessiva
	17	Temperatura	-	32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17	-	2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31	-	17 Transição para nova dimensão
	18	Brilho	32, 35, 19	-	32, 1, 19	32, 35, 1, 15	32	19, 16, 1, 6	13, 1	1, 6	18 Vibração mecânica
	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	19, 24, 3, 14	2, 15, 19	-	-	6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5	-	19 Ação periódica
	20	Energia gasta pelo objeto parado	-	19, 2, 35, 32	-	-	-	-	28, 27, 18, 31	-	20 Continuidade da ação útil
	21	Potência	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19, 37	-	-	10, 35, 38	28, 27, 18, 38	10, 19	21 Aceleração
	22	Perda de energia	19, 38, 7	1, 13, 32, 15	-	-	3, 38	-	35, 27, 2, 37	19, 10	22 Transformação de prejuízo em lucro
	23	Perda de substância	21, 36, 39, 31	1, 6, 13	35, 18, 24, 5	28, 27, 12, 31	28, 27, 18, 38	35, 27, 2, 31	-	-	23 Retroalimentação
	24	Perda de informação	-	19	-	-	10, 19	19, 10	-	-	24 Mediação
	25	Perda de tempo	35, 29, 21, 18	1, 19, 21, 17	35, 38, 19, 18	1	35, 20, 10, 6	10, 5, 18, 32	35, 18, 10, 39	24, 26, 28, 32	25 Auto-serviço
	26	Quantidade de substância	3, 17, 39	-	34, 29, 16, 18	3, 35, 31	35	7, 18, 25	6, 3, 10, 24	24, 28, 35	26 Cópia
	27	Confiabilidade	3, 35, 10	11, 32, 13	21, 11, 27, 19	36, 23	21, 11, 26, 31	10, 11, 35	10, 35, 29, 39	10, 28	27 Uso e descarte
	28	Precisão de medição	6, 19, 28, 24	6, 1, 32	3, 6, 32	-	3, 6, 32	26, 32, 27	10, 16, 31, 28	-	28 Substituição de meios mecânicos
	29	Precisão de fabricação	19, 26	3, 32	32, 2	-	32, 2	13, 32, 2	35, 31, 10, 24	-	29 Construção pneumática ou hidráulica
	30	Fatores externos indesejados atuando no objeto	22, 33, 35, 2	1, 19, 32, 13	1, 24, 6, 27	10, 2, 22, 37	19, 22, 31, 2	21, 22, 35, 2	33, 22, 19, 40	22, 10, 2	30 Uso de filmes finos e membranas flexíveis
	31	Fatores indesejados causados pelo objeto	22, 35, 2, 24	19, 24, 39, 32	2, 35, 6	19, 22, 18	2, 35, 18	21, 35, 22, 2	10, 1, 34	10, 21, 29	31 Uso de materiais porosos
	32	Manufaturabilidade	27, 26, 18	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1	1, 4	27, 1, 12, 24	19, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16	32 Mudança de cor
	33	Conveniência de uso	26327, 13	13, 17, 1, 24	1, 13, 24	-	35, 34, 2, 10	2, 19, 13	28, 32, 2, 24	4, 10, 27, 22	33 Homogeneização
	34	Mantenabilidade	4, 10	15, 1, 13	15, 1, 28, 16	-	15, 10, 32, 2	15, 1, 32, 19	2, 35, 34, 27	-	34 Descarte e regeneração
	35	Adaptabilidade	27, 2, 3, 35	6, 22, 26, 1	19, 35, 29, 13	-	19, 1, 29	18, 15, 1	15, 10, 2, 13	-	35 Mudança de parâmetros e propriedades
	36	Complexidade do objeto	2, 17, 13	24, 17, 13	27, 2, 29, 28	-	20, 19, 30, 34	10, 35, 13, 2	35, 10, 28, 29	-	36 Mudança de fase
	37	Complexidade de controle	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	35, 38	19, 35, 16	19, 1, 16, 10	35, 3, 15, 19	1, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22	37 Expansão térmica
	38	Nível de automação	26, 2, 19	8, 32, 19	2, 32, 13	-	28, 2, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33	38 Uso de oxidantes fortes
	39	Capacidade ou produtividade	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 1	35, 10, 38, 19	1	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	28, 10, 35, 23	13, 15, 23	39 Uso de atmosferas inertes
											40 Uso de materiais compostos



		Parâmetros de engenharia piorados								Princípios inventivos		
		25	26	27	28	29	30	31	32			
Parâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso do objeto em movimento	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31	3, 11, 1, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36	1	Segmentação ou fragmentação
	2	Peso do objeto parado	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26	10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37	35, 22, 1, 39	28, 1, 9	2	Remoção ou extração
	3	Comprimento do objeto em movimento	15, 2, 29	29, 35	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24	17, 15	1, 29, 17	3	Qualidade localizada
	4	Comprimento do objeto parado	30, 29, 14	-	15, 29, 28	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18	-	15, 17, 27	4	Assimetria
	5	Área do objeto em movimento	26, 4	29, 30, 6, 13	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1	17, 2, 18, 39	13, 1, 26, 24	5	Consolidação
	6	Área do objeto parado	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35	22, 1, 40	40, 16	6	Universalização
	7	Volume do objeto em movimento	2, 6, 34, 10	29, 30, 40, 11	14, 1, 40, 11	25, 26, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35	17, 2, 40, 1	29, 1, 40	7	Aninhamento
	8	Volume do objeto parado	35, 16, 32, 18	35, 3	2, 35, 16	-	35, 10, 25	34, 39, 19, 27	30, 18, 35, 4	35	8	Contrapeso
	9	Velocidade	-	10, 19, 29, 38	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23	2, 24, 32, 21	35, 13, 8, 1	9	Compensação prévia
	10	Força	10, 37, 36	14, 29, 18, 36	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1	10	Ação prévia
	11	Tensão ou pressão	37, 36, 4	10, 14, 36	10, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37	2, 33, 27, 18	1, 35, 16	11	Amortecimento prévio
	12	Forma	14, 10, 34, 17	36, 22	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35	35, 1	1, 32, 17, 28	12	Equipotencialidade
	13	Estabilidade da composição	35, 27	15, 32, 35	-	13	18	35, 23, 18, 30	35, 40, 27, 39	35, 19	13	Inversão
	14	Resistência	29, 3, 28, 10	29, 10, 27	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	14	Recurvação
	15	Duração da ação do objeto em movimento	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28	21, 39, 16, 22	27, 1, 4	15	Dinamização
	16	Duração da ação do objeto parado	28, 20, 10, 16	3, 35, 31	34, 27, 6, 40	10, 26, 24	-	17, 1, 40, 33	22	35, 10	16	Ação parcial ou excessiva
	17	Temperatura	35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2	22, 35, 2, 24	26, 27	17	Transição para nova dimensão
	18	Brilho	19, 1, 26, 17	1, 19	-	11, 15, 32	3, 32	15, 19	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26	18	Vibração mecânica
	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18	19, 21, 11, 27	3, 1, 32	-	1, 35, 6, 27	2, 35, 6	28, 26, 30	19	Ação periódica
	20	Energia gasta pelo objeto parado	-	3, 35, 31	10, 36, 23	-	-	10, 2, 22, 37	19, 22, 18	1, 4	20	Continuidade da ação útil
	21	Potência	35, 20, 10, 6	4, 34, 19	19, 24, 26, 31	32, 15, 2	32, 2	19, 22, 31, 2	2, 35, 18	26, 10, 34	21	Aceleração
	22	Perda de energia	10, 18, 32, 7	7, 18, 25	11, 10, 35	32	-	21, 22, 35, 2	21, 35, 2, 22	-	22	Transformação de prejuízo em lucro
	23	Perda de substância	15, 18, 35, 10	6, 3, 10, 24	10, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 10	10, 1, 34, 29	15, 34, 33	23	Retroalimentação
	24	Perda de informação	24, 26, 28, 32	24, 28, 35	10, 28, 23	-	-	22, 10, 1	10, 21, 22	32	24	Mediação
	25	Perda de tempo	-	35, 38, 18, 16	10, 30, 4	24, 34, 28, 32	24, 26, 28, 18	35, 18, 34	35, 22, 18, 39	35, 28, 34, 4	25	Auto-serviço
	26	Quantidade de substância	35, 38, 18316	-	18, 3, 28, 40	3, 2, 28	33, 30	35, 33, 29, 31	3, 35, 40, 39	29, 1, 35, 27	26	Cópia
	27	Confiabilidade	10, 30, 4	21, 28, 40, 3	-	32, 3, 11, 23	11, 32, 1	27, 35, 2, 40	35, 2, 40, 26	-	27	Uso e descarte
	28	Precisão de medição	24, 34, 28, 32	2, 6, 32	5, 11, 1, 23	-	-	28, 24, 22, 26	3, 33, 39, 10	6, 35, 25, 18	28	Substituição de meios mecânicos
	29	Precisão de fabricação	32, 26, 28, 18	32, 30	11, 32, 1	-	-	26, 28, 10, 36	4, 17, 34, 26	-	29	Construção pneumática ou hidráulica
	30	Fatores externos indesejados atuando no objeto	35, 18, 34	35, 33, 29, 31	27, 24, 2, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18	-	-	24, 35, 2	30	Uso de filmes finos e membranas flexíveis
	31	Fatores indesejados causados pelo objeto	1, 22	3, 24, 39, 1	24, 2, 40, 39	3, 33, 26	4, 17, 34, 26	-	-	-	31	Uso de materiais porosos
	32	Manufaturabilidade	35, 28, 34, 4	35, 23, 1, 24	-	1, 35, 12, 18	-	24, 2	-	-	32	Mudança de cor
	33	Conveniência de uso	4, 28, 10, 34	12, 35	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23	2, 25, 28, 39	-	2, 5, 12	33	Homogeneização
	34	Mantenabilidade	32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10	35, 102, 16	-	1, 35, 11, 10	34	Descarte e regeneração
	35	Adaptabilidade	35, 28	3, 35, 15	35, 13, 8, 24	35, 5, 1, 10	-	35, 11, 32, 31	-	1, 13, 31	35	Mudança de parâmetros e propriedades
	36	Complexidade do objeto	6, 29	13, 3, 27, 10	13, 35, 1	2, 26, 10, 34	26, 24, 10, 34	22, 19, 29, 40	19, 1	27, 26, 1, 13	36	Mudança de fase
	37	Complexidade de controle	18, 28, 32, 9	3, 27, 29, 18	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28	-	22, 19, 29, 28	2, 21	5, 28, 11, 29	37	Expansão térmica
	38	Nível de automação	24, 28, 35, 30	35, 13	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23	2, 33	2	1, 26, 13	38	Uso de oxidantes fortes
	39	Capacidade ou produtividade	-	35, 38	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	32, 1, 18, 10	22, 35, 13, 24	35, 22, 18, 39	35, 28, 2, 24	39	Uso de atmosferas inertes
	40										40	Uso de materiais compostos

		Parâmetros de engenharia piorados							Princípios inventivos		
		33	34	35	36	37	38	39			
Parâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso do objeto em movimento	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37	1	Segmentação ou fragmentação
	2	Peso do objeto parado	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35	2	Remoção ou extração
	3	Comprimento do objeto em movimento	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29	3	Qualidade localizada
	4	Comprimento do objeto parado	2, 25	3	1, 35	1, 26	26	-	30, 14, 7, 26	4	Assimetria
	5	Área do objeto em movimento	15, 17, 1316	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2	5	Consolidação
	6	Área do objeto parado	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7	6	Universalização
	7	Volume do objeto em movimento	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34	7	Aninhamento
	8	Volume do objeto parado	-	1	-	1, 31	2, 17, 26	-	35, 37, 10, 2	8	Contrapeso
	9	Velocidade	32, 28, 13, 12	34, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16	10, 18	-	9	Compensação prévia
	10	Força	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	3, 28, 35, 37	10	Ação prévia
	11	Tensão ou pressão	11	2	35	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37	11	Amortecimento prévio
	12	Forma	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10	12	Equipotencialidade
	13	Estabilidade da composição	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3	13	Inversão
	14	Resistência	32, 40, 28, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 28	27, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14	14	Recurvação
	15	Duração da ação do objeto em movimento	12, 27	29, 10, 13	1, 35, 27	10, 4, 29, 15	19, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19	15	Dinamização
	16	Duração da ação do objeto parado	1	1	2	-	25, 34, 6, 35	1	20, 10, 16, 38	16	Ação parcial ou excessiva
	17	Temperatura	26, 27	4, 10, 16	2, 18, 27	2, 17, 16	3, 27, 35, 31	23, 2, 19, 16	15, 28, 35	17	Transição para nova dimensão
	18	Brilho	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 26, 10	2, 25, 16	18	Vibração mecânica
	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	19, 35	1, 15, 17, 28	15, 17, 13, 16	2, 29, 27, 28	35, 38	32, 2	12, 28, 35	19	Ação periódica
	20	Energia gasta pelo objeto parado	-	-	-	-	19, 35, 16, 25	-	1, 6	20	Continuidade da ação útil
	21	Potência	26, 35, 10	35, 2, 10, 34	19, 17, 34	20, 19, 30, 34	19, 35, 16	28, 2, 17	28, 35, 34	21	Aceleração
	22	Perda de energia	35, 32, 1	2, 19	-	7, 23	35, 3, 15, 23	2	28, 10, 29, 35	22	Transformação de prejuízo em lucro
	23	Perda de substância	32, 28, 2, 24	2, 35, 34, 27	15, 10, 2	35, 10, 28, 24	35, 18, 10, 13	35, 10, 18	28, 35, 10, 23	23	Retroalimentação
	24	Perda de informação	27, 22	-	-	-	35, 33	35	13, 23, 15	24	Mediação
	25	Perda de tempo	4, 28, 10, 34	32, 1, 10	35, 28	6, 29	18, 28, 32, 10	24, 28, 35, 30	-	25	Auto-serviço
	26	Quantidade de substância	35, 29, 10, 25	2, 32, 10, 25	15, 3, 29	3, 13, 27, 10	3, 27, 29, 18	8, 35	13, 29, 3, 27	26	Cópia
	27	Confiabilidade	27, 17, 40	1, 11	13, 35, 8, 24	13, 35, 1	27, 40, 28	11, 13, 27	1, 35, 29, 38	27	Uso e descarte
	28	Precisão de medição	1, 13, 17, 34	1, 32, 13, 11	13, 35, 2	27, 35, 10, 34	26, 24, 32, 28	28, 2, 10, 34	10, 34, 28, 32	28	Substituição de meios mecânicos
	29	Precisão de fabricação	1, 32, 35, 23	25, 10	-	26, 2, 18	-	26, 28, 18, 23	10, 18, 32, 39	29	Construção pneumática ou hidráulica
	30	Fatores externos indesejados atuando no objeto	2, 25, 28, 39	35, 10, 2	35, 11, 22, 31	22, 19, 29, 40	22, 19, 29, 40	33, 3, 34	22, 35, 13, 24	30	Uso de filmes finos e membranas flexíveis
	31	Fatores indesejados causados pelo objeto	-	-	-	19, 1, 31	2, 21, 27, 1	2	22, 35, 18, 39	31	Uso de materiais porosos
	32	Manufaturabilidade	2, 5, 13, 16	35, 1, 11, 9	2, 13, 15	27, 26, 1	6, 28, 11, 1	8, 28, 1	35, 1, 10, 28	32	Mudança de cor
	33	Conveniência de uso	-	12, 26, 1, 32	15, 34, 1, 16	32, 25, 12, 17	-	1, 34, 12, 3	15, 1, 28	33	Homogeneização
	34	Mantenabilidade	1, 12, 26, 15	-	7, 1, 4, 16	35, 1, 13, 11	-	34, 35, 7, 13	1, 32, 10	34	Descarte e regeneração
	35	Adaptabilidade	15, 34, 1, 16	1, 16, 7, 4	-	15, 29, 37, 28	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37	35	Mudança de parâme-tros e propriedades
	36	Complexidade do objeto	27, 9, 26, 24	1, 13	29, 15, 28, 37	-	15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28	36	Mudança de fase
	37	Complexidade de controle	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10, 37, 28	-	34, 21	35, 18	37	Expansão térmica
	38	Nível de automação	1, 12, 34, 3	1, 35, 13	27, 4, 1, 35	15, 24, 10	34, 27, 25	-	5, 12, 35, 26	38	Uso de oxidantes fortes
	39	Capacidade ou produtividade	1, 28, 7, 19	1, 32, 10, 25	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26	-	39	Uso de atmosferas inertes
									40	Uso de materiais compostos	